Aus dem Physiologischen Institut der Universität Zürich
Direktor: Prof. W. R. Hess

Über körperliche und seelische Einflüsse auf Pupillenbewegungen und Pupillenzustände

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde

der Medizinischen Fakultät der Universität Zürich

vorgelegt von

Marcel Monnier

von La Chaux-de-Fonds

Genehmigt auf Antrag von Prof. Dr. W. R. Hess

Zürich 1934

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41507203_0003

Aus dem Physiologischen Institut der Universität Zürich
Direktor: Prof. W. R. Hess

Über körperliche und seelische Einflüsse auf Pupillenbewegungen und Pupillenzustände

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde

der Medizinischen Fakultät der Universität Zürich

vorgelegt von

Marcel Monnier

von La Chaux-de-Fonds

Genehmigt auf Antrag von Prof. Dr. W. R. Hess

Zürich 1934

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinen lieben Eltern gewidmet

Sonderdruck aus „Der Nervenarzt". 7. Jahrgang 1934, Heft 7
(Verlag von Julius Springer, Berlin W 9)
Printed in Germany.

Über körperliche und seelische Einflüsse auf Pupillenbewegungen und Pupillenzustände.

(Beitrag zur Lehre der Wechselbeziehungen zwischen animalen und vegetativen Funktionen.)

Von **M. Monnier,**
Assistenzarzt an der Psychiatr. Universitätsklinik Zürich.
(Aus dem Physiologischen Institut der Universität Zürich. — Direktor: Prof. Dr. W. R. Hess.)

Κατὰ τὴν τῶν ὅλων φύσιν
ἕκαστα περαίνεται.
(Mark-Aurel.)

Einleitung.

Es ist eine allgemein bekannte Tatsache, daß die Pupillenweite von sehr mannigfaltigen Reizwirkungen und Zustandsbedingungen beeinflußt wird. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, Beobachtungen in bezug auf das Verhalten der Pupille für die Beurteilung des Gesamtzustandes des Organismus zu verwerten.

Die Mannigfaltigkeit der Einflüsse, welche in der Pupillenweite zum Ausdruck gelangen können, hat aber auch zur Folge, daß es sehr schwierig ist, im konkreten Falle alle in Betracht kommenden Möglichkeiten im Auge zu behalten und richtig einzuschätzen.

Bei dieser Sachlage scheint es uns eine dankbare Aufgabe, das hauptsächlichste *Erfahrungsmaterial*, welches über diesen Gegenstand bekannt ist, einmal zusammenzubringen. Dabei soll das weitere Ziel verfolgt werden, auch etwas Näheres über die Zusammenhänge zu erfahren, welche vermutlich zwischen den verschiedenen pupillo-motorischen Mechanismen bestehen.

Wir haben diese Zusammenhänge weniger von der anatomischen als von der physiologischen Seite her betrachtet, weil uns deren Berücksichtigung unter funktionellen Gesichtspunkten fruchtbarer erschien. Durch wiederholte Fragen nach den Begleiterscheinungen der Pupillenphänomene versuchten wir, die verschiedenen Funktionssysteme des Organismus und ihr gemeinschaftliches Ziel zu erfassen. Diese neue Richtung, bei welcher auch die synthetische Arbeitsweise zu ihren Rechten kommt, entspricht der im Physiologischen Institut von Zürich herrschenden Einstellung.

Ein weiteres Motiv dieser Arbeit ist die Tatsache, daß die Innervationsverhältnisse der Iris einen selten klaren Fall darstellen, welcher uns *Wechselbeziehungen zwischen dem nach außen orientierten (sog. animalen) Funktionssystem und dem die Milieubedingungen im Körperinnern regulierenden (sog. vegetativen) System* erkennen läßt. Zu den Funktionen des animalen Systems, durch welches das Individuum mit seinem äußeren Milieu in Beziehung tritt, haben wir, der Betrachtungsweise von W. R. Hess folgend, die Sinnesempfindungen, die psychisch assoziativen Vorgänge sowie die motorischen Aktionen und Reaktionen zu rechnen. Die vegetativen Funktionen sorgen dagegen für die Aufrechterhaltung der Lebensbedingungen im inneren Funktionsmilieu des Individuums bzw. seiner Zellen und Gewebe. Unter diesen Funktionen zählen wir: Blutkreislauf, Atmung, Verdauung, Ausscheidung, Wärmeregulation, Wachstumstätigkeit sowie die Hilfsfunktion der Sinnesorgane (Iris- und Ciliarfunktion z. B.).

Während die animalen Funktionen auf direkt nervösem Wege gesteuert sind, werden die vegetativen durch das autonome Nervensystem, in Verbindung mit dem Hormonalsystem, reguliert. Charakteristisch für die hormonale Regulierung ist die nachhaltige Wirkung ihrer Reize, im Gegensatz zu der flüchtigen Wirkung nervöser Reize. Diese Tatsache ist in bezug auf die Pupilleneffekte zu berücksichtigen; die momentanen Zustandsänderungen, welche auf nervösen Mechanismen allein beruhen, haben immer *pupillo-kinetische* Effekte zur Folge, während die neuro-humoral bedingten Funktionszustände mehr mit *pupillo-statischen* Phänomenen einhergehen. Wir haben deshalb in der Durchführung unserer Aufgabe eine Trennung gemacht zwischen den in *Pupillenbewegungen* und den in *Pupillenzuständen* zum Ausdruck kommenden Funktionen.

Diese scharfe phänomenologische Unterscheidung hat uns außerdem auf die Ungenauigkeit der heutigen Terminologie aufmerksam gemacht. Wir haben uns deshalb bemüht, für die wichtigen Pupillenerscheinungsmodi zweckmäßige Fachausdrücke vorzuschlagen. Wir hoffen dadurch und durch unsere physiologische Analyse die klinische Auswertung des Pupillenverhaltens etwas gefördert und auf eine exaktere Basis gestellt zu haben.

In dem Maße, als unsere Abhandlung die Bedingtheit des Pupillenverhaltens von körperlichen und psychischen Einflüssen erläutert, stellt sie einen Beitrag zum „Leib-Seele-Problem" dar. Sie illustriert am Beispiel dieses einen Organs, wie in jedem Teil eines biologischen Geschehens die Struktur, Mechanik und Zielrichtung des Ganzen treu abgebildet wird in Bestätigung des Gedankens von Mark-Aurel: „Der Natur des Ganzen gemäß wird jedes einzelne Ding zustande gebracht."

Erster Teil.

Einteilung des Erfahrungsmaterials.

Die Pupillenbewegungen.

(Pupillo-kinetische Effekte.)

Allgemeines über die pupillo-kinetischen Phänomene.

Terminologische Vorschläge. Kinesimetrische Untersuchungsmethoden. Phänomenologische Einteilung.

Als Pupillenbewegungen bezeichnen wir momentane Zustandsänderungen des irido-pupillaren Orificiums. Diese entstehen entweder *reaktiv* auf einen bestimmten Auslösungsfaktor (Pupillenreaktion) oder *spontan* durch Schwankungen des zentralen Tonus (physiologische Pupillenunruhe).

Wir unterscheiden unter den reaktiven Pupillenbewegungen eine *miotische* Art = *Miosis* (Pupillenverengerung) und eine *mydriatische* Art = *Mydriasis* (Pupillenerweiterung). Die Ausdrücke Miosis = *μείωσις* aus *μειόω* und Mydriasis = *μυδρίασις* aus *μυδριάω* sollten eigentlich nur zur Bezeichnung solcher pupillenverengernden und pupillenerweiternden Bewegungen gebraucht werden. Die Endigung *σίς* bedeutet nämlich den Vorgang, und es ist ethymologisch sicher falsch, wenn diese, wie im üblichen medizinischen Sprachgebrauch, zur Bezeichnung von Pupillenzuständen verwendet wird. Eine dauernd verengte Pupille sollte man also nicht mehr als „Miosis" (Schlafmiosis) und eine dauernd erweiterte Pupille nicht mehr als „Mydriasis" bezeichnen. Dagegen dürfte man eine momentane verengernde Pupillenbewegung wohl als Miosis bzw. miotische Reaktion und eine momentane erweiternde Pupillenbewegung als Mydriasis bzw. mydriatische Reaktion bezeichnen.

Die irido-pupillaren Bewegungen werden durch kinematographische Methoden (Pupillokinesimetrie) objektiv festgestellt. Es wurden zuerst Blitzlichtaufnahmen in Reihen gemacht (du Bois-Reymond, Cohn). Man versuchte dann mittels beweglicher Bromsilberstreifen den Ablauf der Pupillenbewegungen objektiv festzustellen (Bellarminoff, Dogiel, Braunstein). Später wurde ultraviolettes Licht zur Belichtung der zu untersuchenden Pupille verwendet (Garten). Alle diese Methoden (auch die von Fuchs, Piltz) gaben aber Anhaltspunkte nur für den senkrechten Pupillendurchmesser; dank des vorzüglichen Apparates von Weiler konnten dagegen scharfe, nebeneinandergereihte Bilder der ganzen Pupille erzeugt werden. Huebner hat einen ähnlichen, aber einfacheren Apparat angegeben.

Einteilung der pupillo-kinetischen Phänomene nach ihren Auslösungsfaktoren.

I. Auslösungsfaktoren aus dem animalen Funktionssystem.

A. Die miotischen Pupilleneffekte (Miosis).

a) Aus der sensorischen Sphäre.

1. Optische Reflexe.

Der Lichtreflex. Bei plötzlicher starker Helligkeitsänderung tritt außer der optischen Empfindung eine Pupillenbewegung auf: Wird die an die Dunkelheit angepaßte Netzhaut plötzlich belichtet oder wird die Belichtung der an eine mittlere Helligkeit adaptierten Netzhaut plötzlich gesteigert, so verengern sich beide Pupillen gleichmäßig, prompt und ausgiebig (positive Lichtreflexart). Wird dagegen die hell angepaßte Netzhaut plötzlich ins Dunkel gesetzt oder die Belichtung plötzlich hochgradig herabgesetzt, so erweitern sich sofort beide Pupillen gleichmäßig, prompt und ausgiebig (negative Lichtreflexart).

Belichtet man das eine Auge allein, so bewegt sich nicht nur seine Pupille (*direkter* Lichtreflex), sondern auch diejenige des anderen, ungereizten Auges (*indirekter*, konsensueller Lichtreflex).

Die *Ablaufsart* der Reaktion wird durch folgende Faktoren charakterisiert: 1. Dauer des reizlosen Intervalls (Latenzzeit). 2. Eigenschaften der Verengung (Tempo, Ausgiebigkeit, Gleichmäßigkeit). 3. Eigenschaften der sekundären Erweiterung. 4. Eigenschaften der Nachschwankungen.

Nach einer Latenzzeit von 0,1875 Sekunden (Gradle und Eisendrath) tritt eine Pupillenverengerung ein, welche in den ersten 0,4375 Sekunden rasch (um 2,4 mm der primären Kontraktion), in den folgenden 0,3125 Sekunden langsamer (um 0,2 mm + der sekundären Kontraktion) zunimmt. Die Geschwindigkeit der Pupillenbewegung während dieser letzten Kontraktionsphase beträgt 1,34 mm pro Sekunde. Das Kontraktionsmaximum wird 0,9395 Sekunden (Reflexzeit) nach Beginn der Reizung erreicht. Der Gesamtkontraktionsumfang beträgt (binnen $^2/_3$ Sekunden ungefähr) 1,0—1,5 mm, ausnahmsweise aber sogar 3,0—4,0 mm (Kleefeld). Die Kontraktion läuft, nachdem ihr Höhepunkt erreicht ist, innerhalb 0,3145 Sekunden ab, so daß die gesamte Kontraktionszeit 1,3770 Sekunden beträgt. Es folgt eine sekundäre Erweiterung (Weiler) von 0,3125 Sekunden Dauer, von 0,2 mm Umfang und 1,34 mm Sekunden Geschwindigkeit. Die Pupille verengt sich erneut und gelangt nach einigen Oszillationen in die Ruhelage. Bei wiederholter Lichtreizung *ermüdet* der Lichtreflex allmählich; die Reflexzeit nimmt zu; die Kontraktion wird nach 8 Wiederholungen schon zögernd (Schlesinger) und bleibt schließlich aus. Die Ablaufsart des indirekten Lichtreflexes ist (nach Weber, Groethuysen) in bezug auf Latenzzeit, Kontraktionsumfang und Tempo gleich oder (nach Arlt, Fuchs, Raehlmann, Schirmer, Whyth, Porterfield, Abelsdorf und Piper, Karpow) träger als diejenige des direkten Lichtreflexes.

Der Lichtreflex ist beim Menschen schon kurz nach seiner Geburt auslösbar. Er wurde sogar beim Frühgeborenen vor dem 6. Monat nachgewiesen (Magitot b); bei einem 1 Monat alten Säugling ist er ständig auslösbar (Eulenburg). Seine Ausgiebigkeit nimmt allmählich zu und erreicht erst im 12. bis 14. Lebensjahr die Norm (Pfister, Rudder).

Der bedingte Lichtreflex (Cason). Ein negativer Lichtreiz (Verdunkelung) wurde mit einem Klangreiz (Glockensignal) gleichzeitig ausgelöst. Die Pupille, die sich bei Ausschaltung des Lichtes immer erweitert, wurde bei gleichzeitigem Glockenzeichen um 0,114 mm größer (Addition des Klangreflexes und des negativen Lichtreflexes). Dieser Mechanismus wurde dann durch wiederholte kombinierte Klang- und Lichtreizung eingeübt. Die Einübungsserien dauerten $2^1/_2$ Stunden, und der Einübungsreiz wurde 400mal wiederholt. Nach Einübung erweiterte sich die Pupille bei Ertönen des Glockentones bis um 0,309 mm so, daß die Wirkung der Einübung auf den bedingten Reiz 0,195 mm betrug. Zwei Versuchspersonen, die auf Erweiterung der Pupille mit dem Klingelzeichen eingeübt waren, hatten sogar beim Ertönen des Zeichens die Empfindung einer Helligkeitszunahme. Die Pupille vermochte auch nach Einübung zwischen zwei verschiedenen akustischen Reizen zu unterscheiden, wenn neben der elektrischen Klingel ein Telephonsummton verwendet wurde und gleichzeitig der eine Reiz mit der Pupillenerweiterung, der andere mit der Verengung z. B. verknüpft wurde und umgekehrt.

Der galvanische Reflex (Bumke). Schwache galvanische, durch das Auge geleitete Ströme rufen neben einer Lichtempfindung (v. Helmholtz, Mueller, Nagel, s. Bing) eine doppelseitige Pupillenverengerung hervor. Der pupillo-motorische Effekt (Miosis) erfordert stärkere Ströme als der sensorische (Lichtblitzempfindung). Diese Tatsache findet einen numerischen Ausdruck in der Verhältniszahl der Reizschwelle sensorischer Effekte einerseits und motorischer Effekte andererseits. Sie beträgt bei normalen Subjekten 1 : 1,5 bis 1 : 4,0.

Die Ablaufsart des galvanischen Reflexes ist dieselbe wie diejenige des Lichtreflexes, woraus man vermuten kann, daß der galvanische Reflex auch auf einer (jedoch inadäquaten) Netzhautreizung beruht. Die Erschöpfbarkeit nach 4—5 wiederholten Reizungen kommt, wie beim Lichtreflex, auch vor. Im gegenseitigen Verhältnis zwischen dem direkten und indirekten Reflex können dagegen beim gleichen Individuum beträchtliche Unterschiede bestehen.

2. Akustische Reflexe.

Der Schallreflex (Phase 1) = der otogene oder cochleare Reflex von Schurygyn, Wodak und Fischer, Udvarhelyi, Cemach, Benjamin, Ihzuka, Gladkow. Akustische, durch Annäherung einer tönenden Stimmgabel (c^4) oder Ansetzen derselben auf den Warzenfortsatz erzielte Reize erzeugen nach einer gewissen Latenzzeit eine Bremsung der physiologischen Pupillenunruhe und manchmal eine rasche Miosis von variabler Deutlichkeit (erste miotische Phase), auf die eine starke, langsame Mydriasis folgt (zweite mydriatische Phase, s. S. 353). Das Phänomen wird bei mäßigem, diffusem Licht deutlicher als bei intensivem künstlichen Licht beobachtet. Das Subjekt muß dabei nach einem entfernten Punkt blicken.

Der galvanische Reflex (Nishimura). Die elektrische Reizung des Nervus acusticus löst eine Pupillenreaktion aus, die ähnlich abläuft wie diejenige auf adäquate akustische Reize. Die dem gereizten Nerven gleichseitig gelegene Pupille reagiert früher als die gegenseitige.

3. Statische Reflexe.

Der Drehungsreflex (Phase 1) = der vestibulare Reflex von Wodak, Spiegel, Udvarhelyi. Vestibulare, durch Drehung der Versuchsperson um ihre Längsachse erzeugte Reize lösen zunächst an der Pupille eine miotische Reaktion aus, welche von einer mydriatischen bald abgelöst wird.

Während der Rotation um die Längsachse erfolgt eine sofortige Bremsung der physiologischen Pupillenunruhe und nach einer Latenzzeit, die von der Zahl der Umdrehungen abhängig ist, eine allmähliche Pupillenverengerung (erste miotische Phase). Diese geht bei weiterer Drehung oder kurz nach beendeter Drehung in Pupillenerweiterung und Pupillenschwankungen über (zweite mydriatische Phase, s. S. 354). Nach plötzlichem Anhalten der Drehung verstärkt sich plötzlich die Verengerung, welche später in Erweiterung übergeht.

4. Taktile, thermische und Schmerzreflexe.

Taktile, thermische, chemische Reizungen der Hornhaut, Bindehaut und Lider, welche vom ersten und zweiten Trigeminusast bekanntlich innerviert sind, lösen einen doppelseitigen Lidreflex (= Lidschlag) aus, mit welchem ein miotischer Pupillenreflex synchron abläuft. Diese Miosis ist jedoch unter gewöhnlichen Umständen kaum sichtbar, bei Blinden dagegen deutlicher.

Die miotischen Effekte olfactorischer und gustativer Reize wurden bis jetzt noch nie ganz genau beobachtet und beschrieben.

b) Aus der motorischen Sphäre.

Da die Bewegungen der äußeren Augenmuskeln mit denjenigen der inneren (Iris, Ciliarkörper) eine funktionelle Einheit bilden, müssen sie von den Bewegungen der anderen Körpermuskeln getrennt, hier besonders besprochen werden.

1. Pupillenreaktion bei Naheinstellung der Augen (Behr).

Die Einstellung der Augen (sog. Konvergenz- bzw. Akkommodationsreaktion) auf ein nahegelegenes Objekt besteht aus *Konverganz* der Augäpfel, *Akkommodation* (Linse) und doppelseitiger, konzentrischer, gleichmäßiger *Verengerung der Pupille* mit Verschiebung ihres Zentrums nach der Nase zu (Weiler, v. Helmholtz, Knapp, Adamuek und Woinow). Diese Miosis tritt ohne Latenzzeit, als Teilerscheinung der halb willkürlich, halb reflektorisch (von der Netzhaut aus) ausgelösten Naheinstellungsbewegung unmittelbar auf. Sie ist in der Jugend bei Einstellung der Augen auf ein 40 cm entferntes Objekt schon sichtbar. Bei weiterer Annäherung auf 20—15 cm wird sie plötzlich stärker und nimmt bis zur Annäherung auf 10 cm weiter zu. Ihre Amplitude beträgt $^1/_4$—$^3/_4$ mm (Bach) und wird im mittleren sowie im höheren Alter erst bei Fixation eines 30 cm weit gelegenen Objektes sichtbar. Verhältnis zwischen Licht und Naheinstellungsreaktion: Vom 10. bis 30. Lebensjahr ist die Pupillenverengerung auf Lichtreizung (mittels einer 30 cm weit gelegenen Lichtquelle von 60 MK.) größer als die Pupillenverengerung auf Naheinstellung. Zwischen 40 und 60 Jahren ist das Verhältnis umgekehrt; die Pupillenverengerung auf Naheinstellung wird stärker als diejenige auf Lichtreizung (Kanngiesser); bei konstanter, mittelstarker Belichtung ist die Naheinstellungsmiosis ausgiebiger, aber träger als die Pupillenverengerung auf plötzliche, intensive Lichtreizung. Eine durch maximale Naheinstellung verengte Pupille kann sich aber auf starke, plötzliche Belichtung doch noch verengern und vice-versa.

Die Naheinstellungsmiosis ist die ausgiebigste aller Verengerungsreaktionen und die widerstandsfähigste gegenüber pathologischen Verhältnissen. Sie wird z. B. 20 Minuten nach Homatropininstillation in den Conjunctivalsack bloß herabgesetzt, während der Lichtreflex schon aufgehoben ist; sie verschwindet erst 2—5 Minuten nach dem letzteren. Die Miosis ist bei konstanter Beleuchtung der *Akkommodation* direkt proportional, d. h. daß die Pupille sich, je stärker die Linse zum Nahesehen angespannt wird, verengt. Couvreux, der die Pupillenweite bei verschiedenen Akkommodationsgraden untersuchte, bekam folgende Werte:

4,9	mm	bei	schwacher	Helligkeit	(1	Lux)	und	Akkommodation	von	0,0	Dptr.
2,6	„	„	„	„	(1	„)	„	„	„	7,0	„
2,75	„	„	starker	„	(200	„)	„	„	„	0,0	„
2,1	„	„	„	„	(200	„)	„	„	„	7,0	„

Die Pupille verengt sich, je stärker die Linse zum Nahesehen angespannt wird. Bei extremer *Blickwendung nach der Seite* beobachtet man am nasalwärts gedrehten (adduzierten) Auge auch eine Miosis (Adduktionsmiosis), welche undeutlicher ist und seltener vorkommt als die Mydriasis (sog. Tournaysche Reaktion) am temporalwärts gedrehten (abduzierten) Auge (Marina, Chenet und Noyer). Bei *Wendung der Augen nach unten* sollen sich die Pupillen auch verengern (Igi), während eine leichte Konvergenz der Augäpfel gleichzeitig eintritt.

2. Pupillenreaktion bei Schutzstellung der Augen (sog. Lidschluß bzw. Orbicularisreaktion) (Westphal, Piltz, v. Graefe, Galassi, Wundt, Moeli, Raggi, Fruginele, Behr, Mingazzini, Antal, Kirchner, Bumke, Raecke, Schanz, Uhthoff, Sioli, Lukacz).

Beim willkürlichen forcierten Lidschluß und beim reflektorischen Lidschlag auf Trigeminusreize verengert sich die Pupille jedes normalen Auges. Gleichzeitig (außer beim reflektorischen Lidschlag) weichen die Augen nach oben und außen ab (Bellsches Phänomen). Bei einseitigem Lidschluß tritt das Phänomen immer einseitig, nie konsensuell auf. Die Lidschlußmiosis wird durch wiederholten Lidschluß immer deutlicher; sie bleibt jedoch beim normalen Auge, wo der Lichtreflex, im Gegensatz zum amaurotischen Auge, das Phänomen überlagert, schwer zu beobachten. Die oft empfohlene *Prü-*

fungsmethode, das Phänomen durch einen starken, *ungehinderten Lidschluß* zu provozieren und erst durch seine sekundäre Erweiterung beim Wiederöffnen der Lider zu beurteilen, hat den Nachteil, keine direkte Beobachtung der Pupillenverengerung zu gestatten. Die Methode des intendierten, aber *gehinderten Lidschlusses*, wobei der Untersucher die Lider des Subjektes auseinandergespreizt hält, hat dagegen den Vorteil, die Beobachtung der ganzen Pupillenreaktion zu gestatten. Fehlerquellen in der Beobachtung des Phänomens sind bei normal sehenden Augen häufig: eine wichtige liegt in der Tatsache, daß die Pupillenverengerung während des Lidschlusses durch die infolge Ausfalles der Lichtreize verursachte Erweiterung gehemmt wird. Andererseits kann die sekundäre Pupillenerweiterung bei Wiederöffnen der Lider durch den miotischen Lichtreflex gehemmt werden.

c) Aus der psychischen Sphäre.

Pupillenphänomene bei assoziativen Vorgängen.

Der sog. „miotische Hirnrindenreflex" (Haab, Piltz, Majano, Heddaeus, Hilger, v. Hippel). Lenkt man die Aufmerksamkeit eines im Dunkeln sitzenden und ins Dunkle blickenden Subjektes auf eine reelle Lichtquelle, die außerhalb seines Gesichtsfeldes sich befindet, so beachtet man bei ihm eine Pupillenverengerung; da der Blick nicht direkt gegen die Quelle gerichtet ist, handelt es sich hier jedenfalls nicht um einen Lichtreflex. Die Autoren (Bumke, Weiler), welche unter schärfster Kritik den miotischen Hirnrindenreflex prüfen wollten, konnten ihn nicht auslösen und nahmen an, daß es sich in solchen Fällen um eine Pupillenreaktion auf larvierte Naheinstellungs- und Lidschlußimpulse handelt; wir schließen uns diesen letzten an.

Das sog. „optische Phänomen" (Bach, Goldflam). Bei Blinden mit großer visueller Phantasie verengern sich die Pupillen auf Vorstellung eines hellen Gegenstandes, einer starken Lichtquelle, z. B. wie „Sonne". Das Vorkommen einer solchen psychisch bedingten Pupillenverengerung muß mit großer Vorsicht betrachtet werden. Erst nachdem man larvierte Akkommodationsbewegungen skiaskopisch ausgeschlossen hat, wird man von Vorstellungsmiosis sprechen dürfen (Behr).

Die sog. willkürliche Pupillenverengerung (Budge, Bruecke, Szontagh, Donat, v. Bechterew, Bloch, Hamburger). Eine direkte Miosis als Folge willkürlicher Impulse: „Ich will jetzt meine Pupillen verengern", wurde oft beschrieben, ist aber unwahrscheinlich, da ein glatter Muskel, wie der M. sphincter iridis, nie direkt willkürlich innerviert werden kann.

B. Die mydriatischen Pupilleneffekte (Mydriasis).

a) Aus der sensorischen Sphäre.

1. Optische Reflexe.

Der paradoxe Lichtreflex (Preliminary-Dilatation Byrne). Eine plötzliche intensive, fokale Belichtung der Netzhaut (Fovea retinae) mit einem ophthalmoskopischen Spiegel (Schmidt-Rimpler) oder mit einer elektrischen Taschenlampe (Oppenheim, Behr) erzeugt bei Menschen (und Katzen) eine paradoxe Pupillenerweiterung vor dem gewöhnlichen miotischen Lichtreflex. Diese tritt 0,87 Sekunden nach Beginn der Reizung (Weiler) direkt und indirekt auf und ist von kurzer Dauer. Sie kommt bei jungen Individuen häufiger vor als bei alten und wurde von Byrne als primäre, physiologische Erweiterungsphase des Lichtreflexes, „Preliminary-Dilatation", aufgefaßt; die meisten kinesimetrischen Aufnahmen von Gradle und Eisendrath zeigten jedoch, daß ihr Auftreten sehr inkonstant ist.

2. Akustische Reflexe.

Der Schallreflex (Phase II) = der otogene oder cochleare Reflex von Schurygin, Udvarhelyi, v. Cemach, Benjamin, Gladkow, Ihzuka, Wodak und Fischer, Spiegel. Im Kapitel der miotischen Reflexe haben wir die primäre Phase des Pupillenreflexes auf akustische Reize bereits besprochen; die zweite Phase dieser Reaktion gehört diesem Kapitel an. Sie besteht aus einer langsamen, ausgiebigen, saccardierten Pupillenerweiterung, die früher und deutlicher auf seiten der gereizten Cochlea als auf die anderen eintritt und nach Entfernung der Stimmgabel auch rascher zur Norm zurückkehrt. Dieses mydriatische Phänomen kommt bei demselben Subjekt konstant vor, ist aber bei leicht erregbaren jugendlichen Individuen und in Affektzuständen deutlicher. Bei fortgeschrittener doppelseitiger Schwerhörigkeit fehlt der Reflex meist auf beiden Seiten; nach einseitiger Zerstörung des Labyrinths soll er auf der betreffenden Seite fehlen, bleibt aber unter Umständen bei absoluter Taubheit doch noch erhalten.

Der bedingte Klangreflex (Cason). Ein Klangreiz (Glockenzeichen) wurde mit einem Lichtreiz (Belichtung der Netzhaut) gleichzeitig ausgeübt; die Pupille, die sich bei Glockenzeichen allein um 0,350 erweiterte, verengte sich nach Einübung auf das Glockenzeichen zusammen mit der Belichtung um 0,175 mm.

3. Statische Reflexe.

Der Drehungsreflex (Phase II) = der vestibulare oder Labyrinthreflex von Udvarhelyi, Wodak, Spiegel. Im Kapitel der miotischen Reflexe haben wir die primäre Phase dieser Reaktion besprochen. Diese begann nach variabler Latenz mit Bremsung der Pupillenunruhe und Miosis. Die zweite Phase

muß in diesem Kapitel behandelt werden. Schon während der Drehung erfolgt (bei Katzen) nach vorangegangener Miosis eine Mydriasis, welche um 1—2 Sekunden den Abschluß der Drehung überdauert und innerhalb 30 Sekunden unter Schwankungen bis zum gewöhnlichen Durchmesser abklingt. Meist aber beginnt diese Erweiterung erst 1,4 Sekunden nach plötzlicher Beendigung der Drehung. Dieses mydriatische Phänomen ist bei Tageslicht in 90%, bei künstlichem Licht dagegen nur in 60% der Fälle deutlich sichtbar, weil die bei geringer Helligkeit bereits erweiterten Pupillen sich nur wenig noch vergrößern können. Bei Taubstummen mit unerregbarem Vestibularapparat fehlt der Reflex, so daß er, wie der Nystagmus, als Kriterium für die Intaktheit des Gleichgewichtsapparates bewertet werden kann. Es darf indessen nicht vergessen werden, daß ein einziges Labyrinth zur Beeinflussung beider Pupillen genügt.

Die *Pupillenreflexe auf sensible Reize* lassen sich, je nach der Reizqualität, in Pupillenreflexe auf Tast- und Druckreize, Temperaturreize und Schmerzreize einteilen. Außer diesen physiologischen Reizarten soll die *elektrische* Reizart mittels eines galvanischen oder faradischen Stromes wegen ihrer praktischen Bedeutung noch erwähnt werden. All diese Reizarten haben die gleiche mydriatische Wirkung vorausgesetzt, daß sie aktiv empfunden werden.

Der sensible Pupillarreflex ist schon in den ersten Lebenstagen vorhanden (Bartels, Bach), aber erst nach 6 Monaten konstant und sehr deutlich (Pfister). Man löst ihn am besten durch Kneifen des Ohrläppchens oder Nadelstich in die Backe aus und beobachtet ihn mit der Westiensschen Lupe oder dem Zeissschen binokularen Mikroskop.

4. Taktile Reflexe.

Schon die elementarsten Reize, das Kitzeln mit einem Pinsel (Hecker), eine leichte Berührung oder ein leichter Druck, lösen eine Mydriasis aus, deren Ausgiebigkeit von der Intensität des Reizes direkt abhängig ist. Die miotischen Effekte olfactorischer und gustativer Reize wurden bis jetzt noch nie ganz genau beobachtet und beschrieben. Da die Reizung eines jeden Punktes der ektodermalen Körperoberfläche eine Mydriasis auslöst, müssen die Pupillenreflexe auf Sinnesreize je nach *Reizort* (Haut- und Schleimhautbezirk) eingeteilt werden.

Der Reflex bei Sondierung des Tränen-Nasenkanals (Rampoldi). Die Pupillenerweiterung tritt sofort nach der ersten, manchmal aber erst nach mehreren Sondierungen auf der Seite der Reizung auf und verschwindet allmählich nach Aufhören derselben.

Der Reflex bei Nasentamponade (Weil, Fraenkel, Juster). Beim Einführen eines Wattetampons in der Nase erfolgt eine gleichseitige Pupillenerweiterung mit Tränenfluß und Hyperämie der Nase, Lider und Conjunctiven. Stößt man den Tampon bis zum Meatus superior hinauf, so wird die Pupillenerweiterung doppelseitig, und die vorher bereits größere Pupille erweitert sich noch stärker. Bewegt man den Tampon von seiner Stelle, so beginnt die Pupille hippusartig zu schwanken. Bei Reizzuständen im peripheren sympathischen Apparat tritt diese Reaktion deutlicher auf; sie vermag sogar in Fällen von einseitiger Reizung des Halssympathicus (durch einen Lungenspitzenprozeß z. B.) eine Pupillenungleichheit hervorzurufen, welche sonst nur latent bestand. Sie hätte also eine diagnostische Bedeutung.

Der Reflex bei Pharynxreizung (Finkelenburg). Bei Reizung der hinteren Rachenwand mit einem Glasstab erweitert sich die normal weite Pupille.

Der Reflex bei Sondierung der Eustachiischen Röhre (Bilancioni und Bonani). Bei Katheterismus der Tuba Eustachi erfolgte (in 50% der Fälle), sobald die Sonde über die Choanen glitt, eine prompte flüchige ein- oder doppelseitige Pupillenerweiterung, die bei vorangegangener Cocainisierung der Nase auftrat.

Der Reflex bei Luftkompression des äußeren Gehörganges und Trommelfelles (Kisch). Die dabei beobachtete Mydriasis wird gelegentlich noch von einer Erweiterung der Lispalte und von einem Exophthalmus begleitet.

Der Reflex bei mechanischer Reizung des Lides, der Horn- und Bindehaut (Phase II) = der sog. Oculopupillarreflex von Stefani und Nordera, v. Varaday, Lukacz oder Trigeminus-Facialisreflex von Bumke. Die *momentane Reizung* von Haut- und Schleimhautbezirken, die vom 1. und 2. Trigeminusast innerviert sind (Lider, Cornea, Conjunctiva, Augenbrauen), ergibt bei offenen Lidern eine beidseitige Mydriasis; diese wird aber von einer kräftigen Miosis schnell abgelöst, worauf die Pupille in verengtem Zustand verharrt.

Bei *länger dauernder Reizung*, sei es durch Berührung der Hornhaut, Bindehaut, Lider, mit der Fingerkuppe oder mit einer Sonde (Stefani und Nordera), sei es durch Druck auf die Bindehaut am äußeren Augenwinkel mit einer Sonde oder durch Stich im Bereich des Jochbeines mit einer Nadel (v. Varaday), tritt ein auffallender Wechsel zwischen Pupillenerweiterung und Pupillenverengerung auf: beide Pupillen erweitern sich zuerst, darauf erfolgt eine prompte kräftige Verengerung und eine allmähliche Erweiterung, welche nach 2 Minuten von einer neuen, langdauernden Verengung gefolgt ist. Nach Aufhören dieses Reizes kehrt die Pupille sofort zur ursprünglichen Weite zurück. Das Phänomen ist doppelseitig, wird aber (besonders bei thermischer Reizung) auf seiten der Reizung früher und stärker ausgelöst, hält auch länger an. Wird auf der Reizseite die Pupille durch Atropin gelähmt, so tritt der Reflex doch auf der anderen, ungereizten Seite auf.

5. *Thermische Reflexe.*

Wärmeeinwirkung auf das Auge führt beim Menschen zu Pupillenerweiterung (Hertel), ebenso *Kälteeinwirkung*, wie es bei Säugetieren im allgemeinen beobachtet wurde (Gysi). Eine kurzdauernde thermische Reizung der vom 1. Trigeminusast innervierten Hornhaut, Bindehaut, Lider und Augenumgebung erzeugt auch eine beidseitige Pupillenerweiterung (Trigeminopupillarreflex von Stefani, Nordera u. a.).

6. *Schmerzreflexe.*

Ein durch Nadelstich, Kneifen, Faradisation oder bloße Berührung hyperalgetischer Zonen hervorgerufener Schmerzreiz löst einen mydriatischen Reflex aus. Gewisse Hautsphären (Gesicht-, Hals- und Nackengegend) haben eine besonders große pupillo-motorische Wirkung, so daß die Mydriasis bei Reizung derselben rascher und ausgiebiger abläuft (Gowers). Hierher gehört auch wahrscheinlich die mydriatische Pupillenreaktion auf Galvanisation des äußeren Gehörganges. Die Schmerzmydriasis ist in den 4 ersten Lebenswochen schon vereinzelt, aber erst im 5. bis 6. Monat allgemein auslösbar; ihr Vorkommen wird in vorgerücktem Alter inkonstant; ihre Intensität ist bei Frauen meist größer als bei Männern, unterliegt jedoch vielen individuellen Variationen (Amsler, Bartels, Braunstein, Bumke, Laqueur, Moebius, Moeli, Pfister, Samaya, Westphal, Schiff).

b) Aus der motorischen Sphäre.

Im Anschluß an jede willkürliche, starke, länger anhaltende Muskelkontraktion (Beißen auf der Zunge, Sprechen, Anhalten des Atems) tritt nach einer gewissen Dauer und erst bei einer gewissen Intensität eine Mydriasis ein (Redlich, Westphal, Reichmann, Bumke, Roubinowitsch, Budin). Diese Reaktion kann durch einen kräftigen Händedruck am besten ausgelöst werden (Redlichsches Händedruckphänomen), indem man eine sitzende Person auffordert, den Kopf nach hinten zu neigen, die Atmung anzuhalten und mit aller Macht kreuzweise und andauernd die Hände des Beobachters zu drücken. Das Händedruckphänomen ist bei Gesunden undeutlich, bei Sympathicotonikern (Basedow), Hysterikern, Epileptikern, Katatonikern, Neurotikern dagegen gesteigert, besonders bei denjenigen, welche zu profusen Schweißen, Tachykardie, Dermographismus usw. neigen. Die Mydriasis kommt nach leichter Cocainisierung besser zum Ausdruck. Die Tatsache, daß sie auch bei der bloßen Vorstellung einer Muskelbewegung (Pieraccini) auftritt, beweist, daß sie nicht von der Bewegungsart, sondern vom psychomotorischen Impuls selbst abhängig ist.

Unter den Bewegungen der Augenmuskeln, die sonst immer mit Miosis einhergehen, bildet die Abduktionsbewegung eine Ausnahme; sie hat eine mydriatische Wirkung, was jedoch recht verständlich erscheint, wenn man denkt, daß sie in funktioneller Hinsicht das „Negativ" der Konvergenz und Adduktionsbewegungen darstellt. Dieses von Tournay zuerst beschriebene Phänomen wurde noch von Gianelle, Behr, Chenet und Noyer, Igi, de Rosa beobachtet. Es tritt bei extremer seitlicher Blickwendung am *abducierten Auge* auf, dessen Pupille sich nahe einem Intervall von 3—5 Sekunden um 0,5 mm erweitert und unter deutlichem hippusartigen Schwanken während der ganzen Abduktion weit bleibt. Schwache Beleuchtung ist für die Beobachtung dieses konstant vorkommenden Phänomens am günstigsten. Bei Wendung der Augen nach oben, wordurch eine Divergenz meist auftritt, sollen sich nach Igi die Pupillen ebenso erweitern.

c) Aus der psychischen Sphäre.

Pupillenphänomene bei assoziativen Vorgängen.

Die Pupillen erweitern sich bei jeder Anspannung der Aufmerksamkeit. Bei *geistiger Anstrengung*, wie Denken über eine gestellte Frage oder Lösen einer Rechenaufgabe (Roubinowitsch, Exner), beobachtet man zuerst eine Mydriasis als Folge des akustischen Reizes, dann lebhafte Pupillenschwankungen als Folge der intellektuellen Anstrengung; diese nehmen allmählich ab und verschwinden, sobald die Aufgabe gelöst ist; es treten aber neue Schwankungen auf, sobald Willensimpulse zur Beantwortung der Frage (Sprechakt) noch zufließen; erst nach beendeter Antwort kehren dann die Pupillen zum Ruhestand zurück.

Das sog. Piltzsche „Aufmerksamkeitsphänomen". Lenkt man die Aufmerksamkeit eines im Dunkeln sitzenden und ins Dunkle blickenden Subjektes auf einen dunklen Gegenstand (z. B. schwarzen Hut), der außerhalb seines Gesichtsfeldes sich befindet, so beobachtet man eine Pupillenerweiterung, die unabhängig von jeder Änderung der Blickrichtung auftritt. Die Pupille bleibt erweitert, solange die Aufmerksamkeit angespannt ist. Dieses Piltzsche Aufmerksamkeitsphänomen wurde viel häufiger und deutlicher beobachtet, als die Pupillenverengerung bei Lenkung der Aufmerksamkeit auf einen hellen Gegenstand (Haabscher Hirnrindenreflex). Es konnte sogar nach Vermeidung aller möglichen Fehlerquellen (Blick in die Ferne nach vorangegangener Naheinstellung, Divergenz der Bulbi bei Hypermetropen, Muskelkontraktionen jeder Art) regelmäßig ausgelöst werden. Seine Entstehung scheint uns vom Gegenstand der Aufmerksamkeit (Hut) vollständig unabhängig und vom Aufmerksamkeitsimpuls allein bedingt zu sein.

Das sog. optische Vorstellungsphänomen. Der Gegenstand (schwarzer Hut), auf welchen das Subjekt im vorigen Versuch aufmerksam gemacht wurde, wird jetzt hinter dessen Rücken statt an der

Peripherie seines Gesichtsfeldes gestellt. Die Versuchsperson wird nun aufgefordert, sich dieses Objekt lebhaft vorzustellen, was eine Pupillenerweiterung zur Folge hat. Derselbe Effekt kann bei Blinden noch deutlicher erzielt werden (Piltz): Ein an Stauungspapille erblindeter Mann von großer visueller Phantasie konnte durch die optische Vorstellung einer Sonnenfinsternis z. B. seine Pupillen erweitern (Bach, Goldflam).

Die sog. willkürliche Pupillenerweiterung. Die zahlreich beschriebenen Fälle von sog. willkürlicher Pupillenerweiterung auf den willkürlichen Impuls: „Jetzt will ich meine Pupillen erweitern", sind nicht als Folge einer direkten Innervation zu betrachten, da ein glatter Muskel nie willkürlich bewegt wird (Budge, Bruecke, Szontagh, Donath, v. Bechterew, Bloch, Hamburger, Goldflam, Bach, Reichardt, Behr); sie entstehen nach unserer Meinung auch durch bloße Vorstellung der durchzuführenden Bewegung und sind auf die psychische Anstrengung zurückzuführen. Die Vorstellungen, welche *Affekte* (Schreck, Zorn, Angst[1]) oder Lust-Unlust, Spannungs-Entspannungsgefühle hervorrufen, lösen nebst vielen anderen vegetativen Reflexen eine Mydriasis hervor (Mueller, Domrich, Gratiolet, Loewenstein, Westphal, Bumke). Die Pupille wird derartig maximal erweitert, daß die Iris bis auf einen kleinen Saum am corneoskleralen Limbus verschwinden kann. Bei einem stuporösen Katatoniker mit Befehlsautomatie zeigte sich der Grad der Erweiterung, je nach der Natur der erzeugten Gefühlszustände durchaus verschieden; er war auf die Suggestion von Unlust geringer als auf die Suggestion von Lust, Erregung, Beruhigung, Erwartungsspannung auf bestimmte Reize. Bei Melancholikern und Paranoiden beobachtet Bumke eine hochgradige Pupillenerweiterung im Moment höchster Angst vor eingebildeter Lebensgefahr.

II. Auslösungsfaktoren aus dem vegetativen Funktionssystem.

A. Die miotischen Pupilleneffekte (Miosis).

a) Aus dem Kreislaufapparat. Bei *Erweiterung der Gefäße* im Splanchnicusgebiet und Blutdrucksenkung (Depressorreflex) verengte sich die Pupille (Mosso); bei jeder Radialispulsation (Hensen) wurde eine Pupillenverengerung auch beobachtet. Über die Pupillenerscheinungen bei anderen vasomotorischen, respiratorischen (Niesen, Husten), digestiven, exkretorischen und Genitalreflexen bestehen noch keine genauen Beobachtungen.

b) Aus dem Atmungsapparat. Der sog. vagotonische Exspirationsreflex (Somoghyi): Bei tiefer *Exspiration* entsteht eine Pupillenverengerung, welche bei Nervengesunden bis ins hohe Alter konstant vorkommt und ein Gegenstück zu der inspiratorischen Mydriasis darstellt.

B. Die mydriatischen Pupilleneffekte (Mydriasis).

a) Aus dem Kreislaufapparat. Bei *Vasokonstriktion* im Splanchnicusgebiet und Blutdrucksteigerung wurde von Mosso eine Mydriasis beobachtet.

b) Aus dem Atmungsapparat. Bei tiefer *Inspiration* wurde bei Nervengesunden und sogar im hohen Alter eine Pupillenerweiterung beobachtet (Mosso, Panzacchi, Somogyi).

c) Aus dem Verdauungsapparat. Beim *Erbrechen* soll auch eine Mydriasis entstehen (Budin).

d) Aus dem Sexualapparat. Im *Orgasmus* entsteht eine maximale Mydriasis, ebenso während der Uteruskontraktion (Wehen). Über die Begleiterscheinungen von Defäkation, Miktion sind wir bis jetzt noch wenig orientiert.

C. Die oscillatorischen Pupilleneffekte.

„Die physiologische Pupillenunruhe."

Sie besteht aus umschriebenen ungleichmäßigen Bewegungen des Iridopupillarrandes, die meist einen kurzen Anschlag von $^1/_2$ mm im Maximum und eine, je nach Individuum und Zeit wechselnde Frequenz haben. In verschieden langen Intervallen erweitert sich bald diese, bald jene Stelle; während eine der früher erweiterten Stellen sich verengert, erweitert sich gleichmäßig eine andere wieder, wodurch eine peristaltische Bewegung an der irido-pupillaren Circumferenz entsteht (Rieger, Forster, Shadow, Laqueur).

Dieses Phänomen kommt bei jedem Gesunden im Wachzustand vor (Bumke) und ist bei Frauen deutlicher als bei Männern (Moeli, Moebius a); es verschwindet im tiefen Schlaf sowie im hohen Alter; sein Ablauf ist von Pupillenweite, Belichtungsstärke (nach erfolgter Adaptation), Konvergenz, Zirkulation, Respiration stets unabhängig. Phänomenologisch unterscheidet sich die Pupillenunruhe streng von den mydriatischen Reflexen auf sensible und psychische Reize. Während der einmalige sensible Reiz (z. B. durch tiefen Nadelstich) eine Mydriasis von 3—5 mm mit wenigen Nachschwankungen und der einmalige starke psychische Reiz eine Mydriasis mit mehrfachen unregelmäßigen Nachschwankungen zur Folge hat, ist die physiologische Pupillenunruhe durch ihre rhythmischen Schwankungen (30—120 Oszillationen pro Minute) charakterisiert. Mit ihr nicht zu verwechseln sind die Schwankungen, die durch Helligkeitsänderungen bzw. Wechselwirkungen zwischen auffallender Lichtmenge und Netzhautadaptation bedingt sind.

[1] Huebner pflegte durch die Frage: „Was haben Sie nun am Auge?" einen deutlichen Angstaffekt hervorzurufen.

Die Pupillenzustände.

(Pupillo-statische Effekte.)

Allgemeines über die pupillo-statischen Phänomene.

Terminologische Vorschläge. Statimetrische Untersuchungsmethoden. Phänomenologische Einteilung.

Die *physiologische Pupillenweite* ist diejenige, welche nach maximaler Netzhautadaption für die herrschende Helligkeit (20 Minuten mindestens) bei Einstellung der Augen auf die Ferne, unter Vermeidung jeder Lidspannung, sowie körperlicher oder psychischer Tätigkeit ermittelt wird. Sie schwankt beim Emmetropen zwischen 2,75 und 4,75 mm. Man rechnet gewöhnlich als *mittelweite* Pupillen diejenigen, deren Durchmesser von 2—4 mm beträgt, als *verengte* Pupillen (*Mioma*), je nach den Autoren, solche bis zu einem Durchmesser von 2 mm (Moebius), als *erweiterte* Pupillen (*Mydriama*), dagegen solche mit einem Durchmesser von 4 mm an.

Die Ausdrücke *Miosis*, „*μείωσις*“, und *Mydriasis*, „*μυδρίασις*“, wurden im üblichen medizinischen Sprachgebrauch fälschlicherweise zur Bezeichnung eines Pupillenzustandes verwendet. Miosis war bis jetzt ein üblicher Ausdruck für „verengte Pupille“ und Mydriasis für „erweiterte Pupille“. In der griechischen Sprache bedeutet aber die Endung „*σις*“ immer einen Vorgang, so daß man mit dem Ausdruck „Miosis“ die miotische Reaktion (Pupillenverengerung) und mit dem Ausdruck „Mydriasis“ die mydriatische Reaktion (Pupillenerweiterung) einzig bezeichnen sollte. Für die Pupillenzustände dagegen wären die Ausdrücke „*Mioma*“ aus „*μείωμα*“ verkleinert und „*Mydriama*“ aus „*μυδρίαμα*“[1] dilatiert vorzuschlagen. Sie wären ethymologisch richtig, da die Endung „*μα*“ den Zustand oder den Gegenstand bezeichnet. So würde man z. B. von Schlafmioma statt Schlafmiosis sprechen.

Die mittlere Pupillenweite wird bei möglichst ruhiger Iris durch ihre Fläche bzw. durch ihre Peripherie berechnet (Pupillostatimetrie). Die einfachste Methode, diese Pupillenfläche zu messen besteht in Vergleichen derselben mit Kreisflächen von verschiedenem Durchmesser (Vergleichspupillometer von Haab, Follin, Jessop, Guilloz, Krusius) oder in direkter Messung des pupillaren Orificiums mit einer Millimeterskala (Kussmaul, Heddaeus). Der Maßstab kann auch durch Spiegelvorrichtungen direkt in die Pupille oder in ihr Spiegelbild projiziert werden, wodurch das Ablesen erleichtert wird. (Projektionspupillometer von Bumke, Schirmer, Contino). Die Pupillenweite kann aber auch durch den Abstand zwischen zwei an den Pupillenrändern angebrachten tangentialen Linien bestimmt werden. Auf diesem Prinzip beruht der Tangentialpupillometer von Fuchs, Schloesser, Sommer, Hess, Coccius. Schließlich gibt es noch eine pupillometrische Methode, welche auf dem Prinzip der Doppelbilder (Landolt) und eine solche, die auf dem Prinzip der entoptischen Empfindung (Fick, Badal, Gradle) basiert ist.

Einteilung der pupillo-statischen Effekte nach ihren Auslösungsfaktoren.

Vorbemerkung über den Einfluß individueller Faktoren.

Alter: Die physiologische Pupillenweite variiert mit dem Alter; ihr mittlerer Wert beträgt beim Neugeborenen etwas weniger als 3 mm, nimmt bei kleinen Kindern allmählich zu (Pfister, Gudden) und erreicht im 6. Lebensjahr das Maximum; es erfolgt dann wieder eine langsame Abnahme von 0,04 mm pro Jahr bis zum Senium (Heddaeus, Tange). Junge Menschen unter 20 Jahren haben somit relativ weite Pupillen im Gegensatz zu 60jährigen (Shadow). Im 50. Lebensjahr ist die mittlere Pupillenweite wie der beim Neugeborenen, d. h. etwas unter 3 mm (Bartels). Bei Greisen (gelegentlich schon von 56 Jahren an) sind die Pupillen enger als beim Erwachsenen im reifen Alter; in einem Viertel der Fälle findet man eine hochgradig verengte Pupille (unter 2 mm) mit leichtem Enophthalmus und geringer Ptosis. Dieser Zustand ist durch das Verschwinden des Orbitalfettes bedingt und durch die sog. „senile Verholzung“ der Pupille (Moebius b), welche teilweise auf hyaliner Degeneration des Pigmentsaumes (Axenfeld, Attias) und Hypertrophie des Sphinctermuskels beruht (Fuchs).

Geschlecht: Bei Frauen sind die Pupillen im allgemeinen weiter als bei gleichaltrigen Männern (Bach, Tange).

Konstitution: Helle (graublaue) Irides haben meist weitere Pupillen als dunkle (braune), was jedoch nicht immer stichhaltig ist (Schadow).

Der Einfluß verschiedener Tages- oder Jahreszeiten auf die Pupillen des Menschen wurde bis jetzt noch nie genauer berücksichtigt.

I. Auslösungsfaktoren aus dem animalen Funktionssystem.

a) Aus der sensorischen Sphäre. 1. Adaptationszustand der Netzhaut (Helligkeit, Dunkelheit). Die wichtigste Vorbedingung für die Feststellung der mittleren Pupillenweite ist eine vollständige Netzhautadaptation an die Helligkeit des Untersuchungsraumes. Es ist eine bekannte Tatsache, daß bei jeder Änderung der Helligkeit die Netzhaut sich an die neue Belichtung allmählich anpaßt. Dieser Vorgang, den man als Netzhautadaptation bezeichnet, hat eine sensorische und eine pupillo-motorische

[1] Wir danken Herrn Dr. H. Leumann, Professor für Sprachwissenschaften an der Universität Zürich, für die Bestätigung der ethymologischen Richtigkeit des Terminus „Mydriama“, das in der griechischen Sprache früher existiert haben soll, heute jedoch wieder neugebildet werden mußte.

Wirkung. Die sensorische Wirkung der Netzhautadaptation (sog. sensorische Adaptation) äußert sich in der Tatsache, daß der optisch empfindende Mensch sich an jede Helligkeitsänderung rasch gewöhnt und alles wie vor der Änderung bald wieder deutlich „sieht". Die pupillo-motorische Wirkung der Netzhautadaptation (sog. pupillo-motorische Adaptation) besteht darin, daß die Pupille, die sich bei plötzlicher Steigerung oder Herabsetzung der Helligkeit verengert oder erweitert, ihre physiologische Weite allmählich wieder erreicht (Schirmer). Dieser motorische Adaptationsvorgang vollzieht sich beim konstanten Fortbestehen der neugeänderten Helligkeit allmählich unter Wechsel von immer schwächer werdenden Pupillenschwankungen (Nachzittern). Die sensorische und pupillo-motorische Adaptation wird praktisch schon nach 15—20 Minuten erreicht (Schirmer, Garten, Lans), so daß von dieser Zeit an die weiter bestehende Helligkeit keine sensorische und pupillo-motorische Reizvalenz mehr besitzt. Aus dem Vorhergesagten läßt sich die praktische Schlußfolgerung ableiten, daß jede Messung der Pupillenweite ohne vorherige vollständige Netzhautadaptation[1] an die neu herrschende Helligkeit zu Trugschlüssen führen muß.

Die physiologische Pupillenweite beträgt laut Angaben früherer Autoren $2^3/_4$ bis $4^3/_4$ mm, je nach der individuellen Reaktionsbereitschaft (Schirmer, Tange, Silberkuhl). Neue Untersuchungen zeigten aber, daß die *Pupillenweite dem Logarithmus der Beleuchtungsstärke annähernd proportional ist.* Schroeder fand z. B., daß bei 1000 Lux (log + 3) die Pupillenweite bei 3 dptr. Akkommodation 3 mm und bei 0,01 Lux (log — 2) 4,4 mm beträgt. Diese Werte gelten aber nur für die Messungen, die bei konstanter Akkommodation (von 3 dptr.) nach erfolgter Netzhautadaptation (von mindestens $^1/_4$Stunde) und für die Beleuchtungsstärken zwischen 0,01—1000 Lux (Meterkerzen) vorgenommen werden. Je größer die Beleuchtungsstärke ist, desto kleiner wird also die Pupillenweite und vice-versa. Zieht man aus den Werten der (in Lux aufgezeichneten) Beleuchtungsstärken und der (in Millimetern berechneten) Pupillenweite eine Kurve, so zeigt diese eine auffallende Ähnlichkeit mit derjenigen der sensorischen Adaptation. Das Gesetz der pupillo-motorischen Adaptation ist demnach konform mit dem Weber-Fechnerschen Gesetz. Es besteht somit ein *bestimmtes Verhältnis* nicht nur zwischen Reizstärke und Empfindungsstärke, sondern auch zwischen Reizstärke und Stärke des pupillo-statischen Effektes. Bei extremer Belichtung mit Lichtquellen von über 1000 Lux (MK.) beträgt die Pupillenweite weniger als 2,75 mm Durchmesser (Schirmer, Silberkuhl).

2. Akkommodationszustand der Linse (Myopie, Hyperopie). Bei *Myopen*, die zum scharfen binokularen Sehen eines Gegenstandes wenig akkommodieren, weil das optische Bild schon vor der Netzhaut entsteht, sind (für Beleuchtungsstärken von 600—1000 MK.) bis zum 20. Lebensjahr die Pupillen weiter als bei Emmetropen. Dieser Unterschied gleicht sich im Alter aus, tritt aber bei Adaptation an schwache Beleuchtung (50—100 MK.) wieder auf. *Hypermetrope* dagegen, bei welchen das optische Bild hinter der Netzhaut entsteht, haben engere Pupillen als Emmetrope, weil die beständige Akkommodation zum scharfen Sehen naher Objekte den Sphinctertonus dauernd erhöht (Straub, Matsuo, Schmidt, Rimpler, Tange, Bach, Silberkuhl, v. Graefe).

Aus dem Gesagten geht hervor, daß man bei vergleichenden Pupillenmessungen immer auf eine konstante Belichtung der Netzhaut achten muß. Diese Bedingung wird aber nur erfüllt, wenn bei jeder Messung nicht nur die *Intensität* der Lichtquelle (in Lux ausgedrückt), sondern auch ihr *Abstand* von der Netzhaut und ihr *Einfallswinkel* die gleichen sind. Diese letzten Faktoren beeinflussen nämlich die Ausdehnung und die Lokalisation der Belichtungsfläche auf der Netzhaut. Je nachdem der belichtete Bezirk groß oder klein, zentral (Fovea) oder peripher gelegen ist, erscheint die Pupille enger oder weiter. Sind bei der Messung beide Augen offen, so muß man noch auf eine gleichmäßige Belichtung beider Netzhäute achten, damit eine evtl. früher schon bestehende Pupillendifferenz (physiologische Anisocorie) vermieden wird.

b) Aus der motorischen Sphäre. Vergleichende Messungen der Pupillenweite bei einer bald in Ruhelage (Liegen, Stehen), bald in dauernder Bewegung (Gehen, körperlicher Arbeit) sich befindenden Versuchsperson wurden noch nicht unternommen. Es würde sich aber vermutlich feststellen lassen, daß die Pupillen eines dauernd motorisch betätigten Menschen vergrößert sind. Dafür sprechen die Beobachtungen der Psychiater, nach welchen die Pupillen der motorisch erregten, tobsüchtigen Geisteskranken stark erweitert sind.

c) Aus der psychischen Sphäre. Erwachen, Wachzustand und Erschöpfungszustand: Beim Erwachen aus dem Schlaf setzt mit der Rückkehr des Bewußtseins und mit dem Einsetzen der allgemeinen psychischen Aktivität eine Pupillenerweiterung schlagartig ein (Gudden, Pietrusky, Schmeichler). Es kommt nach einigen Schwankungen zu einer Stabilisierung des irido-pupillaren Apparates in Mittellage, wobei der Pupillendurchmesser größer ist als im Schlaf. Die weite Pupille des Wachenden stellt also einen Gegensatz zur engen Pupille des Schlafenden dar; sie wird zwar durch den Lichteinfall beim Öffnen der Augen nach dem Schlaf vermindert, durch das zunehmende Wachwerden dagegen noch verstärkt.

Im Gegensatz zu den Schlafzuständen findet man auffallend weite Pupillen bei hochgradiger Müdigkeit und Erschöpfung (Arndt, Lans, Raehlmann). Bumke fand bei Pflegern und Pflegerinnen

[1] Die physiologische Netzhautadaptation wird erst nach 1 Stunde vollständig, praktisch jedoch schon nach 15 Minuten.

seiner Anstalt, daß am Morgen nach einer durchwachten Nacht die Pupillen regelmäßig weiter waren als zur gleichen Zeit an anderen Tagen und am Abend vor der Wache. Die Differenz betrug durchschnittlich 1,0—1,5 mm und erreichte sogar bei einer Pflegerin 3,5 mm. — *Intellektuelle Tätigkeit:* Bei geistiger Anstrengung beobachtet man eine leichte Zunahme der Pupillenweite im Vergleich zur Pupillenlage bei geistiger Ruhe. Diese Feststellung bedarf jedoch weiterer systematischer Prüfungen. — *Affektzustände:* Langdauernde Affekte (Angst) oder Gefühlszustände (Unlust, Erregung, Spannung) haben meist ein Mydriama als körperlichen Ausdruck. Das Affektmydriama spielt eine besonders wichtige Rolle in der Psychopathologie. Man beobachtet es in psychotischen Angstzuständen bei Melancholie, Paranoia (Loewenstein), oder in psychoneurotischen Schreckzuständen nach Eisenbahnunglück (Bumke), Minenverschüttung (Schmidt), gefährlichen Kriegssituationen (Schuster), Rentenaffekten (Westphal) usw.; es ist mit den weiten Pupillen der Katatoniker (Westphal) nahe verwandt.

II. Auslösungsfaktoren aus dem vegetativen Funktionssystem.

A. Die Pupilleneffekte (Mioma) aus dem trophotropen Funktionssystem. Verdauung und Hungerzustände. Nach der Mahlzeit sind die Pupillen verengt (Wieland und Schoen). Dieser Zustand schien zuerst von der Salzsäuresekretion abhängig zu sein, da er bei Anacidität fehlte (Adlersberg und Kauders), was andererseits kontestiert wurde (Krause-Wichmann). Im Gegensatz dazu konnte Bumke feststellen, daß Geisteskranke, welche die Nahrung längere Zeit verweigert hatten, auffallend weite Pupillen aufweisen. Die abnorme Weite verschwand jedoch nach wenigen Tagen künstlicher Ernährung. Im Gegensatz zu den engen Pupillen des verdauenden Menschen sind die Pupillen von Geistesnormalen, aber abgehungerten Menschen deutlich erweitert. — *Ausscheidung:* Es existieren noch keine Beobachtungen über den Einfluß der Verhaltung oder Entleerung von Stuhl und Harn. — *Schlaf:* Im natürlichen wie im hypnotischen Schlaf (Doelken) sind die Lider geschlossen, die Bulbi nach oben und außen (oder innen) gerollt (Bellsches Phänomen), die Pupille um so enger und die Netzhautempfindlichkeit umso geringer, je tiefer der Schlaf (J. Mueller, Raehlmann, Doelken, Pietrusky). Die enge Pupille des Schlafenden ist ein so konstantes Zeichen, daß sie für den Schlaf von diagnostischer Bedeutung ist; sie wurde sogar als Hilfsmittel in der Diagnose der echten somnambulischen Zustände gegenüber den falschen bewertet (Bouchut).

B. Die Pupilleneffekte (Mydriama) aus dem ergotropen Funktionssystem. Da hier noch keine systematischen Beobachtungen über die pupillo-statische Wirkung physiologischer Zustandsänderungen (erhöhter bzw. herabgesetzter Blutdruck, Atem- und Temperaturschwankungen) gemacht wurden, sind wir auf die Beobachtung pathologischer Zustandsänderungen angewiesen. — *Hypertonische Zustände:* Bei *erhöhtem Blutdruck* (mit allgemeiner Arteriosklerose) sind nach Wiener und Wolfner die Pupillen weiter (4,5—5 mm), als es z. B. dem Alter entspricht. — *Lufthungerzustände:* Bei *Luftmangel* jeder Art sind die Pupillen zuerst auffallend weit (Landois). Dies kommt in den verschiedensten *dyspnoischen* Zuständen, im asthmatischen Erstickungsanfall, im paroxysmalen Stadium des Keuchhustenanfalles besonders deutlich zum Ausdruck. Geht bei Steigerung des Lufthungers die Dyspnoe in beginnende Asphyxie über (Agonie), so verengern sich die Pupillen wieder (apnoische Periode der Cheyne-Stockesschen Atmung nach Bouchut, Groenouw). Wird die Asphyxie hochgradig, so erweitert sich die Pupille plötzlich als Zeichen der drohenden Lebensgefahr (Balogh). Dies ist auch im asphyktischen Stadium der Narkose und im Augenblick des Todeseintrittes, nach Aufhören des Herzschlages, der Fall. Bei anämischen Individuen sind die Pupillen auch oft auffallend weit (Kussmaul). — *Fieberzustände:* In der hyperpyretischen Periode der Febris intermittens sind die Pupillen weit und reagieren auf Atropininstillation nicht mehr. In der apyretischen Periode dagegen sind sie mittelweit und auf Atropininstillation ansprechbar (Perhoff). — *Entzündliche Gewebeläsionen* (K. Hansen): Es wurde beobachtet, wie bei einseitig abdominellen Erkrankungen die Pupille auf seiten der Läsion erweitert ist. Dieses Phänomen ist wiederholt als Roquessches Zeichen bei Gallenblasen-Milz-Colon-(Domani)-Erkrankungen und als Moskowskisches Zeichen bei Appendicitis acuta, als Signe de Sergent bei Lungen- und Pleuraerkrankungen beschrieben worden.

K. Hansen fand unter 204 Lungenerkrankungen in 80% der Fälle Mydriama auf der erkrankten Seite. Er beobachtete außerdem, daß bei allen Infarkten eine starke Erweiterung der gleichseitigen Pupille eintrat, was in jenen Fällen besonders charakteristisch war, in denen vorher die gegenüberliegende Seite ein Mydriama zeigte. Bei Pneumonien war die Pupille auf der befallenen Seite fast ausnahmslos weiter als diejenige der gesunden Seite; gleichzeitig zeigte das Mundgebiet auf der kranken Seite ein Herpes labialis. Wenn bei einseitigen Lungen- oder Pleuraaffektionen die Pupillenerweiterung nicht gleichzeitig auftritt, so liegt wahrscheinlich eine Komplikation vor, sei es durch Mitbefallensein der anderen Lunge oder durch das Vorhandensein von Bronchialdrüsen. Bei Herzkranken fand Hansen unter 80 Klappenfehlern des linken Herzens 54mal ein Mydriama links; bei Komplikation durch Lebertumor war dagegen die gegenseitige rechte Pupille erweitert.

Ulcera ventriculi werden gewöhnlich von einem Mydriama links begleitet; die Ulcera pylori meist auch, während die Ulcera duodeni mit Pupillenerweiterung rechts einhergehen. Bei Erkrankung der Gallenblase ist gewöhnlich die rechte Pupille erweitert, bei Pankreaserkrankungen (Nekrose) dagegen die linke. Bei Nephrolithiasis ist die Pupille der erkrankten Seite ebenso meist erweitert. Byrne konnte in letzter Zeit beweisen, daß experimentelle Läsionen verschiedener Hautgebiete und innerer Organe

oberhalb des 10. Brustsegmentes (Th. 10) ein homolaterales Mydriama, während diejenigen tiefer gelegenen Organe ein gekreuztes Mydriama auslösen. Diese Pupillensymptome entstehen nach Roques meist auf reflektorischem Wege und sind klinisch quasi als objektive Headsche Zone verwendbar.

Zusammenfassende Tabelle über die Einteilung des Erfahrungsmaterials.

Einteilung der pupillo-kinetischen Phänomene.

(Pupillenbewegungen).

I. Auslösungsfaktoren aus dem animalen Funktionssystem.

A. Die miotischen Pupilleneffekte (Miosis).
   a) *Aus der sensorischen Sphäre.*
      1. Optische Reflexe: Der Lichtreflex, der bedingte Lichtreflex, der galvanische Reflex.
      2. Akustische Reflexe: Der Schallreflex (Phase I), der galvanische Reflex.
      3. Statische Reflexe: Der Drehungsreflex (Phase I).
      4. Taktile, thermische und Schmerzreflexe.
   b) *Aus der motorischen Sphäre.*
      1. Reaktion bei Naheinstellung der Augen (Konvergenz).
      2. Reaktion bei Schutzeinstellung der Augen (Lidschluß).
   c) *Aus der psychischen Sphäre.*
      Phänomene bei assoziativen Vorgängen: Der sog. Hirnrindenreflex (Haab), das sog. optische Vorstellungsphänomen, die sog. willkürliche Pupillenverengerung.

B. Die mydriatischen Pupilleneffekte (Mydriasis).
   a) *Aus der sensorischen Sphäre.*
      1. Optische Reflexe: Der paradoxe Lichtreflex.
      2. Akustische Reflexe: Der Schallreflex (Phase II), der bedingte Schallreflex.
      3. Statische Reflexe: Der Drehungsreflex (Phase II).
      4. Taktile Reflexe: Bei Sondierung des Tränen-Nasen-Kanals, Tamponade der Nase, Berührung des Pharynx, Sondierung der Eustachischen Röhre, Luftkompression des äußeren Gehörganges und Trommelfelles, Berührung des Lides, der Horn- und Bindehaut (Phase II).
      5. Thermische und Schmerzreflexe.
   b) *Aus der motorischen Sphäre.*
      Das sog. Händedruckphänomen (Redlich).
   c) *Aus der psychischen Sphäre.*
      Phänomene bei assoziativen Vorgängen bzw. Affekten: Das sog. Aufmerksamkeitsphänomen (Piltz), das sog. Vorstellungsphänomen (Bach), die sog. willkürliche Pupillenerweiterung.

II. Auslösungsfaktoren aus dem vegetativen Funktionssystem.

A. Die miotischen Pupilleneffekte (Miosis).
   a) Aus dem Kreislaufapparat: Bei Pulsation, Gefäßerweiterung, Blutdrucksenkung.
   b) Aus dem Atmungsapparat: Bei Exspiration (der sog. vagotonische Reflex).

B. Die mydriatischen Pupilleneffekte (Mydriasis).
   a) Aus dem Kreislaufapparat: Bei Gefäßverengerung, Blutdrucksteigerung.
   b) Aus dem Atmungsapparat: Bei Inspiration.
   c) Aus dem Verdauungsapparat: Beim Erbrechen.
   d) Aus dem Sexualapparat: Bei Orgasmus, Uteruskontraktion.

C. Die oszillatorischen Pupilleneffekte.
   Die sog. physiologische Pupillenunruhe.

Einteilung der pupillo-statischen Phänomene.

(Pupillenzustände).

I. Auslösungsfaktoren aus dem animalen Funktionssystem.

a) *Aus der sensorischen Sphäre.*
   1. Adaptationszustand der Netzhaut (Helligkeit, Dunkelheit).
   2. Akkommodationszustand der Linse (Myopie, Hyperopie).
b) *Aus der motorischen Sphäre.*
c) *Aus der psychischen Sphäre.*
   Wachzustand, intellektuelle Tätigkeit, affektive Erregung, Erschöpfung.

II. Auslösungsfaktoren aus dem vegetativen Funktionssystem.

A. Die miomatischen Pupilleneffekte (Mioma) aus dem trophotropen Funktionssystem: Verdauung und Schlaf.

B. Die mydriamatischen Pupilleneffekte (Mydriama) aus dem ergotropen Funktionssystem: Hypertonie, Lufthunger, Hunger, Fieber, entzündliche Gewebsläsionen.

Sonderdruck aus „Der Nervenarzt". 7. Jahrgang 1934, Heft 8
(Verlag von Julius Springer, Berlin W 9)
Printed in Germany

Über körperliche und seelische Einflüsse auf Pupillenbewegungen und Pupillenzustände.

(Beitrag zur Lehre der Wechselbeziehungen zwischen animalen und vegetativen Funktionen.)

Von **M. Monnier,**
Assistenzarzt an der Psychiatr. Universitätsklinik Zürich.
(Aus dem Physiologischen Institut der Universität Zürich. — Direktor: Prof. Dr. W. R. Hess.)

Zweiter Teil.

Analyse des Erfahrungsmaterials.

Die Mechanismen der Pupillenphänomene.

Da es nicht unsere Aufgabe ist, die anatomische Struktur des irido-pupillaren Apparates zu besprechen, begnügen wir uns damit, die Innervationsprinzipien desselben kurz in Erinnerung zu bringen.

Der vegetativ innervierte irido-pupillare Apparat besteht aus zwei antagonistisch wirkenden glatten Muskeln: dem M. sphincter iridis und dem M. dilatator iridis.

Der *Sphinctermuskel*, dessen Kontraktion die Pupille verengert, wird vom *parasympathischen Anteil des vegetativen Nervensystems* innerviert. Sein Zentrum (Nucleus Edinger-Westphal) liegt im Mittelhirn, auf der Höhe der vorderen Vierhügel, dicht unter dem zentralen Höhlengrau, im mediolateralen Anteil des Nucleus oculomotorius. Die efferente Bahn verläuft im Nervus oculomotorius in die Orbita und gelangt ins Ganglion ciliare, von wo postganglionäre Fasern als Nervi ciliares breves entspringen. Sie durchbohren die Sklera und endigen in den Plexus gangliosus ciliaris, der in den Sphinctermuskel einstrahlt.

Der *Dilatatormuskel*, dessen Kontraktion die Pupille erweitert, wird vom *sympathischen Anteil des vegetativen Nervensystems* innerviert. Sein Zentrum (Karplus und Kreidl) liegt im Zwischenhirn, im medialen Anteil des Corpus hypothalamicum Luysii, dicht neben dem zentralen Höhlengrau. Die efferente Bahn zieht durch den gleichseitigen Pedunculus cerebri und den spinalen Seitenstrang zum Centrum cilio-spinale Budge, zwischen Hals- und Brustmark. Die Fasern ziehen von da als Rami communicantes albi durch die vorderen Wurzeln des 7. bis 8. Hals- und 1. bis 2. Brustnerven, durch die Ganglion cervicale III, II zum Ganglion cervicale supremum. Die postganglionären Fasern, die da entspringen, ziehen dann durch den Nervus und Plexus caroticus, das Mittelrohr, das Ganglion Gasseri, den ersten Trigeminusast, den intra-orbitalen Nervus naso ciliaris, bilden die Nervi ciliares longi, durchbohren die Sklera und erreichen endlich den Dilatatormuskel.

Wichtiger als die Berücksichtigung dieser anatomischen Verhältnisse erscheint uns die Aufgabe, klar darzustellen, wie die irido-pupillare Funktion mit anderen Funktionen des Organismus zusammengefügt ist. Wir werden uns deshalb bemühen, die funktionellen Verbindungen zwischen verschiedenen synergischen Erscheinungen unter dem Gesichtspunkt ihres gemeinschaftlichen biologischen Zieles zu erläutern. Die Pupille wird uns dabei als Wegweiser die wertvollsten Dienste leisten. Es werden zuerst die Mechanismen untersucht, durch welche die Pupillenphänomene entstehen. Wir stellen uns dabei die Frage, ob es sich um *direkte pupillare Effekte* handelt, bei welchen eine direkte Beziehung zwischen der Auslösungssphäre (Reizfeld) z. B. und dem pupillo-motorischen Zentrum besteht, oder ob *indirekte pupillare Effekte* als Erscheinungen einer allgemeinen Reaktion des Organismus vorliegen. Im letzten Falle besteht keine direkte Beziehung zwischen der Auslösungssphäre und dem pupillomotorischen Zentrum, dessen Tonuslage bei Umstimmung der allgemeinen vegetativen Tonuslage im Körper mit beeinflußt wird. Die Voraussetzung einer solchen Synergie ist die Einschaltung von Verbindungsgliedern zwischen den einzelnen Erfolgsorganen (Pupille) und der allgemeinen Funktionseinheit (Individuum). Phänomenologisch werden also die direkten pupillaren Reizeffekte durch ihr isoliertes Auftreten von den indirekten leicht zu unterscheiden sein, welche meist mit Begleiterscheinungen auftreten. In bezug auf den Mechanismus ist außerdem zwischen *nervöser* und *humoraler* Beeinflussung des pupillaren Erfolgsapparates zu unterscheiden. Die Tatsache, daß der Nervenimpuls sich durch scharfe, rasche differenzierte Wirkungen, der humorale Reiz dagegen durch langsamere, generalisierte Dauerwirkungen auszeichnet, wird uns die Aufgabe erleichtern. Die Frage, ob der zentrale oder der periphere Tonus des irido-pupillaren Apparates im betreffenden Moment verändert wurde, werden wir nur kurz streifen, da sie bei pharmakologischen, physiologisch-experimentellen und pathologischen Beobachtungen hauptsächlich gestellt wird. Um die Mechanismen der Pupilleneffekte klar darzustellen, müssen wir sie schließlich nach ihrem *Ablaufsmodus* ordnen: ob pupillenverengernd oder pupillenerweiternd, ob pupillo-statisch oder pupillo-dynamisch, und wenn ja, ob mit einer definierten Latenzzeit oder nicht.

Es genügt indessen nicht, die Beziehungen zwischen der Auslösungssphäre und dem irido-pupillaren Apparat allein zu berücksichtigen. Es müssen auch die Beziehungen zwischen dem pupillo-motorischen Auslösungsfaktor und den verschiedenen Erfolgsorganen gleichzeitig erforscht werden. Wir haben in der Durchführung dieser Aufgabe die Auslösungsmomente genau nach ihrem exogenen oder endogenen Erzeugungsort zunächst eingeteilt und uns gefragt, ob sie durch das *animale* oder das *vegetative* System vermittelt und, falls sie durch das animale System vermittelt wurden, ob sie sensorischer, psychischer oder motorischer Natur waren. Falls sie sich im Gegenteil durch das vegetative System auswirkten, war zu unterscheiden, ob sie mit einer ergotropen, sympathischen oder trophotropen, parasympathischen Phase einhergingen. Wenn es sich um Sinnesreize handelt, werden diese zuerst, je nach den zugehörigen Receptoren, in optische, akustische, statische, taktile, thermische usw. eingeteilt. Die Effekte dieser Sinnesreize werden dann nach folgenden Gesichtspunkten analysiert:

1. Wurde der Reiz durch ein einzelnes Erfolgsorgan im Sinne einer spezifischen Reaktion beantwortet? 2. Wurde der Reiz durch zusammengehörige Erfolgsorgane eines isolierten Funktionssystems beantwortet? 3. Wurde der Reiz durch verschiedene Erfolgsorgane mehrerer zusammengehörenden (z. B. kranialen) Funktionssysteme beantwortet? 4. Wurde der Reiz durch sämtliche Erfolgsorgane des Organismus im Sinne einer allgemeinen Reaktion beantwortet?

Auf die Zusammenhänge der Reaktionen verschiedener Organe mit denjenigen des irido-pupillaren Apparates waren wir insbesondere aufmerksam. Nur so kamen wir dazu, zwischen den verschiedenen Funktionseinheiten des menschlichen Organismus und dessen pupillarer Funktion gewisse Gesetzmäßigkeit aufzudecken.

Die Pupilleneffekte animaler Einflüsse.

I. Die Pupillenbewegungen.

A. Die direkten Effekte.

a) Bei den direkten *spezifischen* Pupilleneffekten wird der Auslösungsfaktor (Sinnesreiz) *unmittelbar durch ein einzelnes Erfolgsorgan* (*irido-pupillaren Apparat*) beantwortet. Dies kommt überall vor, wo eine direkte Beziehung zwischen der Auslösungssphäre (Reizfeld) und dem Erfolgsorgan besteht und weist immer auf eine periphere Umstellung im Organismus hin. Als Beispiel dieser Kategorie diene der *Belichtungsreflex* der Pupille. Die direkte Beziehung zwischen receptorischem (Netzhaut) und effektorischem Organ (Iris) ergibt sich schon aus der anatomischen Struktur der zugehörigen Reflexbahn. Der Lichtreflexbogen gehört zu den relativ einfachsten Reizbeantwortungsarten; sein afferenter Schenkel besteht aus den Netzhautzellen, dem Nervus opticus, Tractus opticus, Brachium corp. quadrigemin. anter., sein zentraler Anteil aus dem Verbindungsapparat und sein efferenter Schenkel aus dem Nucleus Edinger-Westphal, Nervus oculomotorius (III), Ganglion ciliare, Nervus ciliaris brevis, Plexus gangliosus ciliaris. Auch die Tatsache, daß die Reizwirkung *isoliert* und immer am gleichen Organe (Iris) auftritt, spricht für die Spezifizität der Reaktion; sie zeigt, daß der Lichtreiz wie auch der ähnlich angreifende galvanische Reiz durch den Irido-pupillar-Apparat elektiv beantwortet wird. Als weitere Merkmale einer solchen spezifischen Reaktion wären die kurze Latenzzeit sowie die konstanten Kontraktions- und Erschlaffungszeiten noch zu erwähnen.

Wir kennen somit in der Pupillenverengerung auf Belichtungsreize einen echten Reflex im Sinne einer spezifischen Reaktion. Dieser stellt in bezug auf die Sehfunktion nicht nur die zweckmäßigste aller Pupillenreaktionen, sondern eine der adäquatesten funktionellen Einrichtungen des Organismus dar. Seine Zweckmäßigkeit äußert sich in der Abdrosselung der Lichtreize als Folge der Pupillenverengerung. Die Miosis spielt also hier eine Schutzrolle. Dank ihrer wird die Netzhaut von den schädigenden Lichtreizen entlastet.

b) Bei den direkten *unspezifischen* Pupilleneffekten wird der Auslösungsfaktor (Sinnesreiz oder psychomotorischer Impuls) *mittelbar*, durch Vermittelung eines Zwischengliedes, von mehreren Erfolgsorganen des okulären Apparates (u. a. der Iris), gleichzeitig beantwortet. Die äußeren und inneren Augenmuskeln bilden mit den Lidmuskeln eine funktionelle Einheit. Dieses System steht im Dienste der Sehfunktion und sorgt für optimale Bedingungen im optischen Empfangsapparat. Die einzelnen Organe dieses Funktionsgefüges sind dermaßen untereinander gekoppelt, daß mit jeder Leistung des einen das ganze System sofort mitwirkt. Es können z. B. die Lidmuskeln nicht allein tätig sein, ohne daß die äußeren und inneren Augenmuskeln gleichzeitig mitbeansprucht werden. Andererseits werden die äußeren Augenmuskeln nie bewegt, ohne daß die inneren gleichzeitig mitschwingen. Mit jeder reflektorisch oder willkürlich ausgelösten Bewegung innerhalb des optischen Funktionssystems treten also irido-pupillare und cilio-akkommodative Bewegungen ein.

Als erstes Beispiel eines solchen synergischen Mechanismus im optischen Funktionssystem erwähnen wir die nach Behr genannte *Naheinstellungsreaktion*. Sie umfaßt alle Augenmuskelbewegungen, die zur scharfen Wahrnehmung nahegelegter Sehobjekte notwendig sind. Damit ein nahes Objekt scharf gesehen wird, muß es als Bild auf der Netzhaut deutlich entworfen werden, was ohne die koordinierten Mechanismen der Konvergenz, Akkommodation und Pupillenverengerung nicht möglich wäre. Diese assoziierten Bewegungen werden teils willkürlich vom Konvergenzzentrum, teils unwillkürlich vom optischen Empfindungszentrum aus reguliert. Die Tatsache, daß es bei geschlossenen Augen nicht gelingt, den Blick auf einen vor das Gesicht gehaltenen Gegenstand wirklich einzustellen, beweist, daß die Naheinstellungsbewegungen von den optischen Empfindungen hochgradig abhängig sind. Durch diese Bewegungen wird die richtige Kontraktion der Recti mediales (Konvergenz) erst erzielt, so daß die Visierlinien sich im Fixationspunkt schneiden, worauf dieser letztere auf beiden „Maculae retinae" abgebildet wird. Durch den optischen Eindruck wird ferner die Kontraktion des Musculus ciliaris zweckmäßig reguliert, so daß die Linse sich bis zu dem Grade wölbt, der notwendig ist zum Entwurf scharfer Netzhautbilder. Auf einem ähnlichen Mechanismus beruht die Kontraktion des M. sphincter pupillae, durch welche die Pupillen sich verengern und die schädlichen Randstrahlen abgeblendet werden. Somit wäre die Miosis bei Naheinstellung nicht als einfache Mitbewegung mit der Konvergenz, sondern auch als eine Art Schutzreaktion zu betrachten. Sie schützt die Netzhaut von unscharfen optischen Bildern, welche als Folge der sphärischen Aberration entstehen könnten und bezweckt mit der Akkommodation die Erhaltung des optimalen Sehens. Wenn wir die Miosis als Teilerscheinung der Naheinstellungsfunktion auffassen, so fällt uns auf, daß sie auf einen bedeutend komplizierteren Mechanismus beruht, als die Belichtungsmiosis. Schon die Tatsache, daß sie nicht wie diese letzte isoliert, sondern mit anderen motorischen Reaktionen im optischen System gleichzeitig auftritt, zeigt, daß sie keine rein spezifische Bedeutung mehr hat. Der optische Auslösungsfaktor hat hier keine elektive Wirkung auf sie, sondern gibt gleichzeitig zu Konvergenz- und Akkommodationsbewegungen Anlaß. Umgekehrt ist für die Pupillenverengerung und Akkommodation nicht nur die Netzhaut das einzige Reizfeld. Als andere Auslösungssphäre kommt hier auch der Cortex in Betracht, dessen willkürliche Konvergenzimpulse nicht nur eine Konvergenz der Augäpfel, sondern eine Miosis

gleichzeitig auslöst. Dieser synergische Mechanismus wird durch folgende Beobachtungen noch erläutert: Fällt unter pathologischen oder experimentellen Bedingungen eine der 3 Komponenten der Naheinstellungsfunktion aus, so wird der Ausfall durch die beiden anderen ausgeglichen; bei Konvergenzlähmung können die Miosis und die Akkommodation doch erhalten sein, ebenso in Fällen von Akkommodationslähmung die Miosis und die Konvergenz. Daraus ergibt sich, daß die Naheinstellungsmiosis nicht mehr als eine Mitbewegung auf Konvergenz allein (Konvergenzmiosis von Bach, Moebius, Adamuck, Woinow, Caspary, Goerlitz, Dondels, Verwoort, Weber) oder auf Akkommodation allen (Akkommodationsmiosis von Lohmann, Marina) betrachtet werden darf. Wir bezeichnen sie mit Behr als eine mit Konvergenz- und Akkommodationsbewegungen synergisch auftretende Pupillenbewegung, welche durch einen willkürlichen (corticalen) motorischen Impuls ausgelöst werden kann, aber hauptsächlich durch subcorticale Verwertung der optischen Empfindungen reguliert wird. In bezug auf die willkürlichen Konvergenzbewegungen sind die unwillkürlichen Sphincter- und Ciliarbewegungen echte Mitbewegungen; in bezug auf den sensorischen Reiz aber sind Konvergenz, Miosis und Akkommodation gleichwertige, synergische Reaktionen, die den gleichen biologischen Zweck (optimales binokulares Sehen) haben. Sie sind Teilfunktionen einer gemeinschaftlichen Systemreaktion, welche ein typisches Beispiel der zweckmäßigen Synergie zwischen animalen Leistungen (Bewegungen der äußeren Augenmuskeln) und vegetativen Leistungen (Bewegungen der inneren Augenmuskeln) darstellt. Diese Reaktion ist direkt aber unspezifisch, was aus ihrer anatomischen Grundlage auch deutlich hervorgeht. Zwischen den Bahnen aus dem optischen Empfindungszentrum sowie aus dem Konvergenzzentrum einerseits und den motorischen Kernen der M. recti med., M. ciliaris, M. sphincter pupillae andererseits wurde ein Verbindungsglied (Zentralkern von Perlia) anatomisch nachgewiesen, welcher über die Unspezifizität der Naheinstellungsmiosis nicht zweifeln läßt. Als weiteres Kriterium für die Unspezifität der Naheinstellungsmiosis wäre ihr zeitlicher Ablauf ohne (scharfe) Latenzzeit zu erwähnen.

Ein anderes Beispiel von Pupillenverengerung bei gemeinschaftlichen Reaktionen im optischen Funktionssystem ist die Miosis bei Schutzeinstellung der Augen. Als „*Schutzstellungsreaktion*" bezeichnen wir, parallel zur Naheinstellungsreaktion von Behr, das synergische Auftreten von Lidschluß, Miosis und Abweichen der Augen. Mit jedem Lidschluß, sei er, wie der physiologische Lidschlag, durch chemische Reizung der Horn- und Bindehaut infolge Verdünstung der Tränenflüssigkeit, oder wie der Corneal- und Conjunctivalreflex durch mechanische Reizung spontan ausgelöst, tritt eine Verengerung der Pupillen ein. Dies ist aber auch der Fall, wenn der Lidschluß auf willkürliche Kontraktion des M. orbicularis oculi oder von sich selbst wie im Schlafe erfolgt. Gleichzeitig weichen die Augäpfel etwas nach oben und außen ab (Bellsches Phänomen). Der Mechanismus dieser Schutzstellungsreaktion ist mit demjenigen der Naheinstellungsreaktion nahe verwandt.

Die Beziehung zwischen der Auslösungssphäre und dem irido-pupillaren Erfolgsorgan ist hier wegen Einschaltung eines Zwischengliedes (Verbindung zwischen dem zentripetalen Trigeminussystem einerseits und den zentrifugalen Oculomotorius [III]-Facialis- [VII]-Systemen andererseits) keine spezifische mehr. Auch die Tatsache, daß die Reizwirkung sich an verschiedenen Erfolgsorganen gleichzeitig äußert: am M. orbicularis (Lidschluß), am M. rectus superior und M. obliquus inferior (Bellsches Phänomen) sowie am M. sphincter pupillae (Miosis) spricht für die Unspezifizität dieses pupillaren Effektes. Die sensiblen (Trigeminus-) Reize im Bereich der Horn- und Bindehaut haben also keine elektive Wirkung auf die Iris und die gemeinschaftliche Reaktion der okulomotorischen Organe (u. a. der Iris), welche durch diese sensiblen Reize reflektorisch ausgelöst wird, kann auch willkürlich (bei aktivem Lidschluß) von der corticalen Sphäre aus erzeugt werden. Dies beweist, daß die Miosis bei Schutzstellung der Augen keine spezifische Bedeutung hat und entweder als Teilerscheinung dieser reflektorisch ausgelösten Schutzreaktion oder als Mitbewegung des willkürlich ausgelösten Lidschlusses betrachtet werden kann.

Der Mechanismus der Schutzstellungsreaktion der Augen auf sensible Reize stellt eine Art Pendant dar zu demjenigen der Naheinstellungsreaktion der Augen auf optische Reize. Obwohl diese beiden Vorgänge auf ähnlichen Mechanismen beruhen, sind sie ihrem Ziele nach etwas verschieden. Konvergenz, Akkommodation und Pupillenverengerung bezwecken bei Naheinstellung die Erhaltung des optimalen binokularen Sehens (Behr). Lidschluß, Abweichen der Augen nach oben und Pupillenverengerung bei Schutzstellung bilden eine zweckmäßige Einrichtung gegen die störenden Einflüsse der Außenwelt auf den Sehapparat (Austrocknung der Cornea, Lichtreizung der Netzhaut). In der Schutzstellungsreaktion der Augen zeigt sich der vegetative Anteil des okulomotorischen Systems (Miosis) mit dem animalen Anteil desselben (Bellsches Phänomen) und mit dem (animal innervierten) palpebralen Apparat (Lidschluß) verkoppelt. Durch diese Synergie werden nicht nur die Hornhäute und die Bindehäute vor chemischen und mechanischen Reizen, sondern auch die Netzhäute vor störenden Lichtreizen geschützt. Diese letzte Schutzeinrichtung kommt im Schlafzustand besonders deutlich zur Geltung.

Fassen wir kurz zusammen: In Analogie zu der von Behr beschriebenen Naheinstellungsreaktion sprechen wir von „*Schutzstellungsreaktion*" der Augen. Zwischen diesen beiden Reaktionen bestehen viele Ähnlichkeiten; beide können reflektorisch (von der Retina bzw. von der Cornea aus) oder willkürlich (vom Cortex aus) ausgelöst werden. In bezug auf die willkürliche Konvergenzbewegung (Kontraktion der vom animalen System innervierten M. recti interni) sind Miosis und Akkommodation

(Kontraktion der vom vegetativen System innervierten M. sphincter und M. corp. ciliaris) automatische Mitbewegungen: Mitbewegungen der Konvergenz. In bezug auf die willkürlichen Lidschlußbewegungen (Kontraktion des M. orbicularis) sind Miosis (Kontraktion des vom vegetativen System innervierten M. sphincter) und Abweichung der Bulbi nach außen und oben (Kontraktion des vom animalen System innervierten M. rectus superior und M. obliquus inferior) automatische Mitbewegungen: Mitbewegung des Lidschlusses. In bezug auf die optischen Reize, welche von einem nahen Sehobjekt ausgehen, sind Konvergenz (als animale Funktion), Miosis und Akkommodation (als vegetative Funktionen) synergische Reizeffekte im Interesse des optimalen, binokularen Sehens. In bezug auf die sensible Bindehaut, Hornhaut, Netzhautreize sind die animalen Funktionen des Lidschlusses und der Bulbusabweichungen sowie die vegetative Funktion der Pupillenverengerung (Sphincterkontraktion) synergische Reizeffekte, welche nicht nur die Sehfunktion, sondern auch die Schlaffunktion vor den störenden Umwelteinflüssen schützen.

B. Die kombinierten, direkten und indirekten Pupilleneffekte.

(Pupillenbewegungen als Begleiterscheinungen lokaler und genereller Reaktionen im Organismus.)

Die diphasischen Pupilleneffekte.

Sie illustrieren den Übergang der peripheren Schutzwirkung zu den zentralen Umstimmungen des Organismus. Als charakteristisch für die direkten spezifischen und unspezifischen Pupilleneffekte im Dienste der optischen Funktion bezeichnen wir den ausschließlich miotischen Ablaufsmodus der Reaktion. Wenn ein Sinnesreiz nicht nur Schutzreaktionen in den kranialen Funktionssytemen, sondern auch allgemeine Reaktionen im Gesamtorganismus auslöst, so kennzeichnet sich seine Wirkung durch einen *zweiphasischen Pupilleneffekt.* Die mit den Schutzreaktionen auftretende Miosis wird dabei durch eine länger dauernde Mydriasis bald überlagert, welche, wie wir später begründen werden, auf eine Beteiligung des gesamten Organismus hinweist. Diese diphasischen Phänomene bilden den Übergang der miotischen Reaktionen zu den mydriatischen.

Als typische Beispiele solcher interferierenden Reizwirkungen wären die *Reaktionen auf akustische und statische Reize zu erwähnen.*

a) Wenn ein intensiver, *akustischer Reiz* (durch kurzes, kräftiges Anschlagen einer Stimmgabel) vor dem Ohre erzeugt wird, so treten spezifische Reaktionen im Dienste der akustischen Funktion auf (Anstraffung des Trommelfells, Bewegung der Ohrmuschel bei den Tieren usw.). Gleichzeitig beobachtet man aber Reaktionen im Bereich anderer kranialer Funktionssysteme (Zuckungen des oberen Lides z. B.) und des gesamten Organismus (Hinwenden des Kopfes nach der Reizquelle, Zusammenzucken des gesamten Körpers). Am Auge äußert sich diese irradierende Wirkung zuerst in einer *flüchtigen Miosis,* welche mit den Reaktionen innerhalb der kranialen (akustischen, optischen) Funktionssysteme synergisch auftritt. Diese primäre Phase des Phänomens zeigt, daß die cochleo-aurikularen, cochleo-palpebralen (Bechterew) und cochleo-pupillaren Reflexe (Schurygyn) eng gekoppelt sind und eine funktionelle Einheit bilden. Interessant ist die Tatsache, daß der akustische Reiz nicht nur im entsprechenden aurikulären Apparate (Trommelfell, Ohrmuschel), sondern auch im okulären zuerst beantwortet wird: Lidschluß und Pupillenverengerung sind nämlich in bezug auf den akustischen Reiz inadäquate Reflexe, die aber mit dem spezifischen, adäquaten Reflex der Trommelfellanspannung synergisch auftreten.

Auf die erste miotische Phase erfolgt dann eine *starke Mydriasis,* welche auf eine generalisierte Reizwirkung mit Erregung der psychomotorischen und psychosensorischen Sphäre hinweist. Daß es sich hier um eine allgemeine Reaktion auf den sensorischen Reiz handelt, ergibt sich aus der Ermüdbarkeit des Pupillenreflexes (Wodak und Fischer), der raschen Rückkehr der Sehlöcher zur normalen Weite und den allgemeinen Begleiterscheinungen.

Das Phänomen zeigt deutlich, wie der Organismus mittels differenzierter, kranialer Schutzapparate (Hilfsapparate der Sinnesorgane) den Reiz zuerst zu dämpfen versucht, wobei die vegetative Gleichgewichtslage nach der parasympathischen Seite (Miosis) verschoben wird. Sobald aber diese Schutzschranken gegen den Reiz von diesem überwunden werden, sobald dieser freie Bahn bekommt und seine Wirkung generalisiert, kommt es zu einer Verschiebung der vegetativen Tonuslage nach der Sympathicotonischen Seite (Mydriasis). Die Überlagerung der reflektorischen Reizbeantwortung (innerhalb der kranialen Schutzapparate der Sinnesorgane) durch die generelle Reizwirkung findet ihr Abbild in der Überlagerung der kurzen miotischen Vorphase durch die mydriatische Hauptphase.

b) Das nächste Beispiel illustriert diese Tatsache noch deutlicher. Ein intensiver *statischer Reiz* erzeugt während der Drehung um die vertikale Achse und bei Normalstellung des Kopfes eine Deviation der Augen (bzw. des Kopfes), entgegen der Drehrichtung, eine allmählich zunehmende Pupillenverengerung mit Abnahme des Blutdruckes (Spiegel, Démétriades). Nach Aufhören der Drehung kommt es zur Deviation der Augen bzw. des Kopfes in der Drehrichtung und zum Nystagmus, entgegen der Drehrichtung, sowie zu einer mydriatischen Reaktion, die aber erst 1,4 Sekunde später auftritt. Bei einem ersten Typus von Menschen erfolgt zunächst eine Blutdrucksteigerung, später eine Depression, welcher wiederum eine Steigerung folgen kann. Bei einem zweiten Typus ist die anfängliche Druckzunahme gering oder bleibt aus, während die sofort einsetzende Drucksenkung länger anhält (Wotzilka).

Aus der ersten Phase dieser Phänomene erfahren wir also, daß auf einen sensorischen (akustischen, statischen) Reiz zuerst eine *Schutzreaktion* im entsprechenden kranialen Funktionssystem auftritt,

welche von einer miotischen Pupillenreaktion begleitet wird. Die Hauptwirkung solcher Reaktionen besteht in der Einschaltung von Hemmungen auf der Bahn der zufließenden Reize (Lidschluß und Tränensekretion bei sensibler Reizung der äußeren Augenteile, Trommelfellanspannung bei akustischen Reizen, kompensatorische Augen- und Kopfbewegungen bei statischen Reizen). Werden aber die Reize weitergeleitet, so entsteht eine Reaktion nicht nur in den Erfolgsorganen, welche der Reizsphäre entsprechen, sondern auch in den Erfolgsorganen benachbarter kranialer Systeme. So erzeugt ein akustischer Reiz nicht nur aurikuläre Reflexe, sondern auch palpebrale und pupillare; ein vestibularer Reiz löst nicht nur kompensatorische Augen- und Kopfbewegungen, sondern auch pupillare Reflexe aus. Die kranialen Funktionssysteme, vor allem das okuläre (Lid, Augapfel, Irismuskeln) und aurikuläre (Ohrmuschel, Trommelfellmuskeln), scheinen demnach auf denselben Reiz synergisch im Sinne einer Dämpfung zu reagieren. Werden die Reize noch intensiver, so reagieren sämtliche Erfolgsorgane, u. a. diejenigen der Zirkulation, Respiration Lokomotionsapparate gleichzeitig darauf. Es kommt also zu einer *generellen Reaktion*, welche durch die zweite mydriatische Phase des begleitenden Pupillenphänomens charakterisiert ist.

C. Die indirekten Pupilleneffekte.

(Pupillenbewegungen als Begleiterscheinungen genereller Reaktionen des Organismus.)

Diese Pupillenphänomene kommen vor, wo eine allgemeine Umstimmung des Organismus stattfindet. Charakteristisch ist ihre unspezifische Entstehungsart. Die Beziehung zwischen Auslösungssphäre und Erfolgsorganen (inkl. Iridopupillarapparat) ist in solchen Fällen eine indirekte; es werden mehrere Glieder, evtl. eine zentrale Regulationsstation zwischen beiden eingeschaltet. Die Folge davon ist die polysymptomatische Beantwortung des Auslösungsreizes, wobei die Pupillenreaktion nur eine partielle Erscheinung der gemeinschaftlichen generellen Reizwirkung darstellt. Ihre Hauptcharakteristica sind der ausgesprochene mydriatische Reaktionsmodus und der zeitliche Ablauf mit verlängerter unscharfer Latenzzeit. Die Unspezifizität der mydriatischen Reaktionen wird durch die anatomischen Verhältnisse bestätigt, welche bei den unspezifischen Pupilleneffekten bedeutend komplizierter sind als bei den spezifischen. Die Mydriasis entsteht vorwiegend auf subthalamischen Wegen, im Gegensatz zur Miosis, die auf mesencephalem Wege zustande kommt.

Die mydriatische Pupillenreaktion tritt meistens nicht allein auf, sondern gemeinsam mit Reaktionen anderer vegetativ innervierten Organe (Schweißdrüsen, Lungen, Herz, Gefäße). Mydriasis, Schweißdrüsensekretion, Beschleunigung der Herzfrequenz und Vasokonstriktion sind psycho-vegetative Reflexe, welche als Folge einer allgemeinen psychischen Erregung synergisch auftreten können. Unter diesen interessieren uns hier hauptsächlich die psycho-pupillären Reflexe; sie sind die empfindlichsten sympathischen Reaktionen, die man (wegen der durchsichtigen Hornhaut) unmittelbar beobachten kann. In diesem Sinne können wir die mydriatischen Pupillenreaktionen als somatischen Ausdruck der aktiven seelischen Vorgänge betrachten, da sie mit allen intensiven psychomotorischen Erregungen einhergehen; wie der Zeiger des Psychogalvanometers wirkt gewissermaßen die Pupillenweite als Indicator der psychischen Tätigkeit.

Unter den Sinnesreizen gibt es keinen, der nicht einen mydriatischen Pupilleneffekt hervorrufen kann. Sogar die sonst exquisit miotisch wirkenden *Lichtreize* können unter Umständen eine „preliminäre Pupillenerweiterung" auslösen. Dies kommt aber nur dann vor, wenn durch den intensiven Blendungsreiz eine allgemeine Erregung der psychischen Sphäre erzeugt wird. Die preliminäre Mydriasis auf Lichtreizung stellt in diesem Falle eine emotionelle Reaktion dar. Auch die übrigen sensorischen *akustischen, statischen Reize* lösen generelle Reaktionen aus, welche den primär entstandenen lokalen Reaktionen innerhalb der aurikulären und okulären Funktionssysteme entgegen gerichtet sind. Die zweiphasischen Pupillenreaktionen auf Sinnesreize, die Überlagerung der miotischen Vorphase durch die kräftigere mydriatische Phase illustrieren das Überwiegen der corticalen Erregungen über die subcorticalen (aurikulären und okulären) Schutzmechanismen. Die sensiblen *Tast-Druck-Temperatur-Schmerz-Reize* rufen die ausgiebigsten generellen Reaktionen hervor. Durch sie werden deshalb auch die deutlichsten mydriatischen Pupilleneffekte ausgelöst. Die Mydriasis infolge sensibler Schleimhautreize im Bereiche des Kopfes (Sondierung des Tränen-Nasenkanals und der Tuba Eustachii, Nasentamponade usw.) tritt oft auf seiten der Reizung deutlicher in Erscheinung, als auf der anderen Seite. Dies zeigt, daß die Effekte generalisierter Reize nicht nur von der Reizintensität, sondern auch vom Reizorte abhängig sind.

Typische Beispiele einer Pupillenerweiterung als Begleiterscheinung genereller Reaktionen auf Sinnesreize sind die „Kälte-Schmerz- und Orgasmusmydriasen".

Kältereize lösen eine allgemeine Reaktion aus, welche durch Erblassen, Gänsehautbildung und Pupillenerweiterung charakterisiert ist. Die Schmerzmydriasis kann schon durch milde, sensible Reize, wie Stechen, Kneifen usw., am besten jedoch durch elektrische Reize, ausgelöst werden. Amsler beobachtete auf faradische Reizung (18—20 mA) des freigelegten Ischiadicus beim Hunde eine deutliche Pupillenerweiterung mit Abwehrbewegungen (Schrei) und vegetativen Symptomen als Begleiterscheinungen des Schmerzes. Der *Orgasmus* als typisches Beispiel einer allgemeinen Reizbeantwortung ist charakterisiert durch eine maximale Mydriasis, nebst zahlreichen motorischen, vasomotorischen, respiratorischen und sekretorischen Begleiterscheinungen.

Nicht nur exogene Sinnesreize können allgemeine Reaktionen mit Mydriasis auslösen, sondern auch *psychomotorische Impulse*, wie Beißen auf die Zähne, Sprechen, Händedruck usw. Die Tatsache, daß die Händedruckmydriasis z. B. erst nach längerdauernder und kräftiger Muskelkontraktion bei Sympathicotonikern mit Neigung zu profusen Schweißen, Tachykardie, Dermographismus auftritt, läßt vermuten, daß sie auf einer momentanen Verschiebung der vegetativen Tonuslage nach der Seite des Sympathicus beruht.

Jeder aktive *psycho-assoziative Vorgang* (Anspannung der Aufmerksamkeit, intellektuelle Anstrengung, Willensimpulse) wird von einer momentanen Pupillenerweiterung begleitet. Das schönste Beispiel dafür ist die Mydriasis bei affektbetonten Vorstellungen, wie Angst, Schreck, Zorn und bei Lust- und Unlustgefühlen. Außer der Mydriasis tritt dabei Hautblässe, Gänsehaut, kalter Schweiß, Harn- und Stuhldrang auf (Gratiolet, Bumke, Loewenstein, Westphal). Diese visceralen Reaktionen bestätigen, daß es sich hier um eine generelle Reaktion auf psychische Vorstellungen handelt, wobei die vegetative Gleichgewichtslage mit umgestimmt wird. Die Angstmydriasis stellt in diesem Falle eine unspezifische Teilerscheinung einer allgemeinen Reaktion dar; ihre Ausgiebigkeit ist der Intensität des Affektes proportional; die Pupillenerweiterung wird unter Umständen maximal. Wenn sie mehrere Minuten dauert, spricht man von „spastischer Mydriasis". Intensität und Dauer solcher vegetativer Begleiterscheinungen des Affektes sind auf eine Adrenalinausschüttung ins Blut zurückzuführen.

II. Die Pupillenzustände.

Die Mechanismen der Pupillenzustände lassen sich, wie diejenigen der Pupillenbewegungen, in direkte (bzw. spezifische und unspezifische) und indirekte einteilen. Die Kriterien dafür sind die oben angeführten.

Die Mechanismen der Pupilleneffekte animaler Einflüsse.

Die *direkten* Pupilleneffekte animaler Einflüsse kommen zur Beobachtung, wenn die Beziehung zwischen der Auslösungssphäre und dem Pupillenzentrum direkt ist.

Erscheint der pupillo-statische Effekt ohne Begleiterscheinungen, so ist er als spezifisch zu bezeichnen. Dies ist der Fall der verengten Pupillen (Mioma) bei dauernd erhöhter Helligkeit und der erweiterten Pupillen (Mydriama) bei anhaltender Verdunkelung. Als direkt, aber unspezifisch müssen die Pupilleneffekte bei dauernder Einstellung der Augen auf die Nähe betrachtet werden, sowie bei dauernder Schutzstellung der Augen, wie sie durch anhaltende Trigeminusreize (z. B. infolge Hornhautläsion) reflektorisch ausgelöst werden.

Die *indirekten* Pupilleneffekte animaler Einflüsse kommen dagegen bei anhaltender psychosensorischer, psychoassoziativer oder psychomotorischer Tätigkeit vor; sie treten nie isoliert auf und zeigen immer einen mydriatischen Modus. Typische Beispiele dafür sind Mydriama bei Lokomotion, körperlicher Anstrengung, intellektueller Tätigkeit und vor allem bei protrahierten affektiven Erregungszuständen.

Die Mechanismen der Pupilleneffekte vegetativer Einflüsse.

Wir haben bis jetzt die Mechanismen der Pupilleneffekte animaler Einflüsse analysiert und müssen nun noch die Mechanismen der Pupilleneffekte vegetativer Einflüsse berücksichtigen. Auch hier stellen wir uns die Frage, ob dynamische oder statische, direkte oder indirekte Pupillenphänomene vorliegen. Der irido-pupillare Apparat reagiert hier auf den Reiz nicht allein, sondern mit vielen anderen vegetativen Erfolgsorganen synergisch. Seine Beziehung zur Auslösungssphäre ist bei solchen vegetativen Umstimmungen und Funktionslagen indirekt.

Als typisches Beispiel eines *pupillo-kinetischen Effektes* bei momentaner vegetativer Umstimmung erwähnen wir zuerst die *Mydriasis* bei starker Inspiration, welche mit einer gleichzeitigen Beschleunigung des Herzschlages verbunden ist; ebenso deutlich ist es bei der Mydriasis, die mit Gefäßverengerung im Splanchnicusgebiet und Blutdrucksteigerung auftritt. Das umgekehrte Vorkommen einer *Miosis* bei Exspiration, wobei die Atemmuskeln erschlaffen, die Lungen kollabieren und der Herzschlag langsamer wird, ist für die Erschlaffungsphase des Einatmungsvorganges charakteristisch. Eine solche Miosis hat dieselbe Bedeutung wie diejenige, welche bei sensibler Reizung der Horn- und Bindehaut nach der mydriatischen Phase auftritt; dasselbe läßt sich auch von der Miosis bei Vasodilatation im Splanchnicusgebiet behaupten, wobei der Blutdruck momentan herabgesetzt und der Puls verlangsamt wird (Depressorreflex). Auch der indirekte Mechanismus der Mydriasis beim Erbrechen und Orgasmus wird durch die zahlreichen synergischen vegetativen Erscheinungen (Schweißsekretion z. B.) bewiesen.

Die pupillo-statischen Phänomene bei vegetativen Funktionslagen sind in unserem Material am reichlichsten vertreten. Man trifft sie überall, wo die Tonuslage des irido-pupillären Apparates bei einer allgemeinen Änderung der vegetativen Tonuslage mit beeinflußt ist. Hier muß man zwischen vorwiegend vagotonischen und vorwiegend sympathicotonischen Funktionslagen unterscheiden. Die ersterwähnte parasympathicotonische Funktionslage ist am irido-pupillaren Apparat durch enge Pupillen (Mioma) charakterisiert und kommt in Verdauungs- und Schlafzuständen zum Ausdruck. Die sympathicotonische Funktionslage zeigt neben anderen gleichgerichteten vegetativen Symptomen weite Pupillen (Mydriama); sie wird in Zuständen dauernder Gefäßverengerung und Blutdruckerhöhung (Hyper-

tonie), vor allem bei affektiver Erregung und gewissen Ausnahmezuständen (Lufthunger, Inanition, Anämie, Fieber), beobachtet. Ein etwas atypisches Beispiel eines indirekten statischen Pupilleneffektes vegetativer Zustände stellt die erweiterte Pupille bei Läsion verschiedener Hautgebiete und innerer Organe dar (Hansen). Die Beobachtungen von Byrne, daß Organläsionen, oberhalb des 10. Th.-Segmentes mit gleichseitigem Mydriama und solche unterhalb des 10. Th.-Segmentes mit gekreuztem Mydriama einhergehen, sind anatomisch nicht geklärt; sie weisen auf gesetzmäßige Beziehungen zwischen afferenten (vegetativen) Bahnen und dem irido-pupillaren Apparat.

Es handelt sich in diesen Fällen um eine allgemeine Verschiebung der Tonuslage im Körper, wobei der Pupillentonus mit beeinflußt wird. Die zahlreichen Begleiterscheinungen, welche dann neben dem Mydriama auftreten, zeigen, daß eine generelle Umstimmung des Organismus vorliegt. Der Mechanismus einer solchen allgemeinen Zustandsänderung ist meist neuro-hormonaler Natur, so daß der pupillomotorische Erfolgsapparat nicht durch Nervenimpulse allein, sondern durch hormonale Reize gleichzeitig mit beeinflußt wird. Bei strenger andauernder körperlicher Leistung wird Adrenalin ins Blut geschüttet, wodurch die Wirkung des vegetativen (sympathischen) Nervenimpulses unterstützt und der mydriatische Effekt verlängert wird. Ob ein antagonistisches Hormon des Adrenalins (das Cholin bzw. Acetylcholin) bei den Zuständen, welche mit Mioma einhergehen, eine Rolle spielt, steht heute noch zur Diskussion. Jede Hormonausschüttung ins Blut ist jedenfalls auf vegetative Nervenreize zurückzuführen und wirkt ihrerseits auf die nervöse Regulierung ein, so daß dadurch eine dauernde und generalisierte Reizwirkung erzielt wird. Die meisten indirekten Pupillenzustände wären demnach Produkte einer solchen neuro-hormonalen Reizung.

Die Mechanismen der oszillatorischen Pupillenbewegungen.

Die Pupillenunruhe ist der Ausdruck periodischer Tonusschwankungen im Sphincterkern (Loewenstein), was durch das Bechterewsche Verfahren bewiesen wird: Wenn man bei einem Patienten mit einseitiger Amaurose das sehende Auge deckt und auf diese Art die dauernd wirkenden Lichtreize, die den Sphincterkern tonisieren, aufhebt, so verschwindet am amaurotischen Auge die Pupillenunruhe. Ebenso verschwindet sie bei den reflektorischen starren Pupillen, wenn die afferenten Lichtreize nicht mehr zum Sphincterkern gelangen. Die Periodizität der Pupillenunruhe ist also vom Tonus der Sphincterkerne abhängig, der durch die dauernd wirkenden Lichtreize unterhalten, aber durch anhaltende Impulse aus der psychischen Sphäre gleichzeitig gehemmt wird. Jeder mydriatischen Phase der Pupillenunruhe entspricht eine Tonussteigerung im Dilatorenzentrum mit Hemmung bzw. Tonusherabsetzung des antagonistischen Sphincterzentrums; jeder miotischen Phase dagegen entspricht eine Tonuserhöhung des Sphincterzentrums bzw. eine Enthemmung seiner Funktion.

Die Pupillenunruhe ist also kein reaktiver Vorgang auf momentane miotische oder mydriatisch wirkende Reize, wie etwa der Lichtreflex oder die Schmerzreaktion, sondern ein Produkt der dauernden tonischen Wechselbeziehungen zwischen dem parasympathischen Sphincterzentrum und dem sympathischen Dilatatorzentrum.

Die sog. „*wurmförmigen Zuckungen*" stellen eine Vergröberung der physiologischen Pupillenunruhe dar und bilden den Übergang zu pathologischen Erscheinungen (Muench, Sattler, Hirschberg). Der sog. „*Hippus iridis*" ist ein klonischer Krampf (Gaupp) des Sphincters, der in rhythmischen konzentrischen Bewegungen des ganzen Pupillenrandes besteht, eine Art Tremor (Donath), ebenfalls ein pathologischer Vorgang, der nicht mit der physiologischen Pupillenunruhe verwechselt werden darf.

Die Reaktionsbereitschaft der Pupillen.

Die Reaktionsbereitschaft der Pupillen auf körperliche und seelische Einflüsse kann unter Umständen erniedrigt oder erhöht werden. Die Tonuslage des irido-pupillaren Apparates spielt dabei eine wichtige Rolle; es muß deshalb zuerst in Erfahrung gebracht werden, ob sie verschoben ist, und wenn ja, nach welcher Richtung. Die genaue Messung der Pupillenweite bei konstanten Lichtverhältnissen gibt darüber Auskunft. Sind die Pupillen infolge Tonusverschiebung nach der parasympathischen Seite anhaltend eng oder infolge Tonusverschiebung nach der sympathischen Seite anhaltend weit, so beobachtet man meist eine *Erniedrigung* ihrer Reaktionsbereitschaft. Die *Erhöhung* der Reaktionsbereitschaft läßt sich dagegen fast nur bei mittelweiten Pupillen unter selteneren Umständen nachweisen.

I. Die Erniedrigung der Reaktionsbereitschaft.

Damit das wichtige Symptom einer herabgesetzten Reaktionsfähigkeit der Pupillen klinisch bewertet werden kann, muß noch festgestellt werden, ob die Tonuslage der Iris infolge lokaler oder generalisierter Reizwirkung bzw. infolge einer allgemeinen Umstimmung im Organismus verschoben wurde. Entscheidend sind dafür die Begleiterscheinungen. Ist die Tonuslage im optischen Apparat infolge lokaler Reizwirkung (z. B. Lichtreize) allein verändert, so treten keine Begleiterscheinungen im Bereich anderer Organe auf; ist im Gegenteil die gesamte vegetative Tonuslage infolge generalisierter Reizwirkung (z. B. Schmerzreize) oder allgemeiner Umstimmung (in Schlaf- oder Affektzuständen) verschoben, so treten mit den Pupillenphänomenen zahlreiche Erscheinungen im Bereich anderer Erfolgsorgane synergisch auf.

A. Die Erniedrigung der Reaktionsbereitschaft bei Tonusverschiebung im irido-pupillaren Apparat nach der parasympathischen Seite (Mioma).

a) Tonusverschiebung infolge lokaler Reizwirkung: Wird durch eine abnorm starke Belichtung die Pupille hochgradig verengt, so fällt der Reflex auf momentane intensivere Lichtreize, sogar nach kurzer Beschattung des Auges, aus. Durch dieses Phänomen wird eine reflektorische Pupillenstarre (Argyll-Robertson) oft vorgetäuscht (Heddaeus). Deshalb ist es falsch, den Lichtreflex eines an extreme Helligkeit adaptierten Auges durch kurze vorübergehende Beschattung desselben prüfen zu wollen. Die Netzhaut hat sich nämlich an die momentane Beschattung noch nicht adaptiert, so daß die Wiederbelichtung keinen neuen pupillo-motorischen Reizwert hat. Solch stark verengte Pupillen pflegen nicht nur auf momentane Lichtreize, sondern auch auf Naheinstellungsimpulse schlecht zu reagieren; die Miosis, welche durch Annäherung des Sehobjektes gewöhnlich ausgelöst wird, ist in solchen Fällen schlecht ausgebildet.

Wird andererseits durch eine andauernde Einstellung der Augen auf nahe Gegenstände die Pupille anhaltend verengt, so vermögen nachträglich ausgeübte Lichtreize diese kaum noch mehr zu verengern, während sensible Reize ebenso unwirksam bleiben.

b) Tonusverschiebung infolge allgemeiner Umstimmung: Bei Pupillenverengerung infolge Umstimmung der gesamten vegetativen Gleichgewichtslage zugunsten des Parasympathicus wird die Reaktionsbereitschaft wohl auch gedämpft, jedoch viel weniger als bei peripherer Beeinflussung des Pupillenzentrums. Im natürlichen *Schlaf*, der nach W. R. Hess als Resultat einer aktiven, zentralen, vegetativen Umstimmung aufzufassen ist, sind die Pupillen eng und reagieren um so weniger auf Licht, je tiefer der Schlaf ist; auch im hypnotischen Schlaf sollen die miotischen Reaktionen auf Licht und Naheinstellung verlangsamt sein (Doelken), ebenso, jedoch etwas weniger, die mydriatischen Reaktionen auf akustische und sensible Sinnesreize (Raehlmann, Witkowski). Das Verhalten der verengten Pupillen bei *zentraler Umstimmung* (Schlaf) unterscheidet sich vom Verhalten bei peripherer Umstimmung (intensive Belichtung) durch eine *größere Bewegungsbreite*. Die engen Pupillen des Schlafenden reagieren prompt auf Reize, die nicht über die Weckschwelle gehen, während die infolge Blendung und Naheinstellung verengten Pupillen viel schwächer reagieren.

B. Die Erniedrigung der Reaktionsbereitschaft bei Tonusverschiebung im irido-pupillaren Apparat nach der sympathischen Seite (Mydriasis).

Wenn die Pupillen durch intensive, anhaltende, psycho-sensorische, assoziative und psychomotorische Impulse abnorm erweitert sind, vermögen neue, momentan wirkende Impulse dieselben kaum mehr zu verändern; die miotischen und die mydriatischen Reaktionen erscheinen infolgedessen vermindert oder sogar aufgehoben.

Ein Lichtreiz wird z. B. nach einem normalen reizlosen Intervall nur eine schwache Pupillenverengerung auslösen, die rasch gebremst wird. Es kommt zu einer unvollständigen Pupillenstarre, die Behr als „spastische mydriatische Starre" bezeichnete und die eine rein funktionelle Genese hat.

Wenden wir uns zuerst zu der *psychosensorischen* bedingten spastischen Mydriasis mit Herabsetzung der Reflexbereitschaft.

Lichtreize, die gewöhnlich eine miotische Reaktion auslösen, können, wenn sie sehr stark sind, zuerst mydriatisch wirken, wodurch die zu erwartende Miosis beeinträchtigt wird. Diese kommt z. B. bei Prüfung des Lichtreflexes vor, wenn die Versuchsperson durch die plötzliche Belichtung erschreckt wird. Es erfolgt auf diesen psychosensorischen Reiz eine initiale mydriatische Reaktion (Byrnesche Preliminarydilatation), welche, je nach ihrer Intensität und Dauer, den Lichtreflex vorübergehend hemmen kann (sog. Schmidt-Rimplersches Phänomen). Statt dieser echten, preliminären Pupillenerweiterung wird gelegentlich, jedoch nur bei plötzlicher lokaler Netzhautbelichtung (mit dem Ophthalmoskop oder mit der Taschenlampe), ein unausgiebiger Lichtreflex beobachtet (Oppenheimer, Schuster, Bartsch, Veraguth, Bing).

Sensible Hautreize vermögen (bei Katzen) die Pupillen auch dermaßen zu erweitern, daß gleichzeitig wirkende Lichtreize keine Reflexe auslösen können (Westphal).

Druckreize auf die Iliacalgegend, welche bei normalen Subjekten keine Pupillenbewegung auslösen, können bei gewissen Menschen eine spastische Mydriasis bewirken, welche den Lichtreflex herabsetzt oder aufhebt. Dieses sog. *Meyersche Iliacaldruckphänomen* wurde bei Katatonikern (35%), Neurotikern und hyperkinetischen Encephalitikern oft beobachtet (Reichmann). Es beruht wahrscheinlich auf einem ähnlichen Mechanismus wie der Goltzsche Klopfversuch.

Die Raktionsbereitschaft kann auch durch eine *psycho-assoziativ* entstandene spastische Pupillenerweiterung, infolge affektbetonter Vorstellungen (z. B. höchste Angst), herabgesetzt werden.

Bumke konnte bei einem Patienten, der sich in unmittelbarer Lebensgefahr fühlte, eine hochgradige Pupillenerweiterung mit vollständiger Lichtstarre beobachten. Westphal beschrieb bei einem Rentenneurotiker das Auftreten einer 10 Minuten lang dauernden mydriatischen Starre mit gleichzeitiger allgemeiner Körperspannung, nachdem er ihm mitgeteilt hatte, daß sein Leiden mit dem Unfall nicht zusammenhänge. Derselbe Autor rief bei einer hysterischen Warenhausdiebin durch den Ovarialdruck bei gleichzeitiger Suggestion von Unlustgefühlen eine maximale Mydriasis mit Pupillenareflexie

hervor. Andererseits zeigte Loewenstein, daß die suggestive Androhung eines Schmerzreizes bei einem stuporösen Katatoniker mit Befehlsautomatie genügt, um eine starke Erweiterung der bereits erweiterten Pupillen mit trägem und unausgiebigem Lichtreflex hervorzurufen. Bei Kriegsneurotikern (Schuster) und Minenverschütteten (Schmidt) wurden gleichfalls mydriatische Pupillen beobachtet, welche auf Licht träge und unausgiebig reagieren. Dasselbe Phänomen wurde auch bei negativistischen Schizophrenen, welche die Nahrung verweigerten, von Bumke nachgewiesen. Dieser Autor konnte feststellen, daß nicht nur die miotischen, sondern auch die mydriatischen Reflexe auf sensible und psychische Reize sowie die physiologische Pupillenunruhe bei Dementia praecox aufgehoben werden (Bumkesches Syndrom).

Eine Herabsetzung der Reaktionsbereitschaft durch Verschiebung der Tonuslage im irido-pupillaren Apparate nach der sympathischen Richtung kann schließlich auch durch *psycho-motorische* Impulse verursacht sein.

Jeder intensive willkürliche Impuls, wie derjenige zum andauernden *Händedruck*, der bei normalen eine bloße Mydriasis auslöst, erzeugt bei prädisponierten Sympathicotonikern, Hyperthyreotikern, Schizophrenen, Katatonikern, Epileptikern, Hysterikern eine spastische, mydriatische Lichtstarre, welche durch Cocaininstillation gesteigert werden kann (Kehrer, Redlich). Typischer noch ist in dieser Beziehung die maximale Pupillenareflexie, welche in den verschiedensten, durch motorische (corticale) Erregung ausgelösten Krampfanfällen auftritt. Eine solche spastische Pupillenstarre tritt im *epileptischen Anfalle* vor dem Krampfstadium beiderseits gleichzeitig auf und verschwindet nach Beendigung der Krämpfe ebenso gleichzeitig auf beiden Seiten. Ausnahmefälle, wo die Pupillenstarre nicht auf beiden Seiten gleichmäßig auftritt und abklingt, wurden von Herrmann und Alexander beschrieben; doch sind auf der Höhe des Krampfanfalles beide Pupillen fast immer gleichzeitig starr (Moeli, Thomsen, Raecke, Siemerling, Bumke). Im *hysterischen Anfall* tritt die mydriatische spastische Pupillenstarre selten auf, so daß sie meist für Epilepsie spricht, besonders wenn man im freien Intervall nachprüfen kann, daß sie durch Iliacaldruck, Affekte und andere physiologische Reize hervorgerufen werden kann (Retzlaff, Karplus, Westphal, Kemperer). In den *Urämie-, Tetanie- und Lyssaanfällen* werden die gleichen Phänomene beobachtet.

II. Die Erhöhung der Reaktionsbereitschaft.

Als Beispiel einer Steigerung der pupillo-motorischen Reaktionsbereitschaft ist die lebhafte Mydriasis zu erwähnen, die durch bloße Berührung hyperalgetischer Zonen, z. B. bei Meningitis cerebrospinalis, ausgelöst werden kann. Eine ähnliche Bedeutung hätte das sog. Flataussche Phänomen bei Meningitikern, bestehend in starker Pupillenerweiterung bei Beugung des Kopfes nach vorn.

Wird die allgemeine Reflexerregbarkeit unter pathologischen konstitutionellen (Cyclophrenie, Epilepsie, Hysterie, Neurasthenie, Psychopathie) oder konditionellen (akute Alkoholintoxikation) Umständen gesteigert, so verlaufen die Pupillenreflexe auch rascher und ausgiebiger. Bei pleuropneumonischen oder lymphadenitischen Prozessen, welche den Halssympathicus und dessen Nerven reizen, die zum M. dilitator pupillae führen, ist die Pupillenerregbarkeit auf mydriatische Reize oft erhöht (sog. sympathische Hyperreflexie).

Eine schwache Instillation von Cocain vermag die sympathischen Dilitatornervenendigungen derartig zu sensibilisieren, daß die mydriatischen Reflexe und die Preliminarydilatation noch deutlicher gesteigert erscheinen (Byrne). In solchen Fällen ist die Loewische Reaktion meist auch positiv; sie wird in folgender Weise geprüft: 2 Tropfen einer 1proz. Adrenalin-Suprareninlösung werden in den Conjunctivalsack eingeträufelt. Dies ruft beim normalen Menschen meist keine Mydriasis hervor; wo aber eine Verschiebung der peripheren oder zentralen vegetativen Gleichgewichtslage zugunsten des Sympathicus besteht, erweitern sich die Pupillen, und zwar schon $^1/_2$ Stunde nach der Instillation. Man spricht in diesem Falle von positiver Loewischer Reaktion. Diese soll bei Hyperthyreose (Morbus Basedow) in der Gravidität (Bercowitz) und beim pankreogenen Diabetes häufig vorkommen.

Zusammenfassend wäre zu sagen, daß die Reaktionsbereitschaft der Pupillen auf körperliche und seelische Einflüsse, je nach der Tonuslage der Iris, variiert:

I. Sie wird bei anhaltender Änderung der Tonuslage im irido-pupillaren Apparat *herabgesetzt*, besonders wenn die Pupillen nicht mehr in mittlerer Lage, sondern eng oder weit sind.

A. a) Wenn die Tonuslage des irido-pupillaren Apparates infolge lokaler Reizwirkung (Lichtreize, Akkommodation) nach der parasympathischen Seite verschoben ist, sind die Pupillen eng und deren Reflexe stark herabgesetzt oder sogar aufgehoben. — b) Wenn die Tonuslage infolge zentraler Umstimmung (Schlaf) zugunsten des Parasympathicus verschoben ist, sind die Pupillen auch verengt, ihre Reflexe aber bedeutend weniger beeinträchtigt als in a.

B. Wenn die Tonuslage infolge psychosensorischer, assoziativer oder psychomotorischer Einflüsse zugunsten des Sympathicus verschoben ist, sind die Pupillen weit und deren Reaktionsbereitschaft beeinträchtigt.

II. Wenn die Tonuslage des irido-pupillaren Apparates ungeändert bleibt, befinden sich die Pupillen in mittlerer Lage und zeigen eine optimale Reaktionsbereitschaft; sie verdienen dann ihren Ruf als „feinstes Esthesiometer“ (Schiff). Unter diesen Umständen kann sogar eine evtl. vorliegende *Steigerung* ihrer Reflexerregbarkeit (mit Hilfe elektiv wirkender Pharmaca) nachgewiesen werden.

Das Pupillenspiel als Ausdruck der Wechselbeziehungen zwischen animalem und vegetativem Funktionssystem.

Wenn man nach dem Vorgehen von W. R. Hess die physiologischen Leistungen des Organismus nach dem Kriterium des Funktionserfolges unterscheidet, so ergibt sich, daß diese von zwei verschieden gerichteten Regulationssystemen beherrscht werden. Das eine ist *nach der Umwelt orientiert* und hat die Aufgabe, die belastenden Einwirkungen der Außenwelt auf das Individuum auszuschalten, die zweckmäßigen Einflüsse dagegen zu verwerten. Es erfüllt seine Funktion im Dienste des Individuums als Ganzes und wird als *animales Regulationssystem* bezeichnet. Das andere Funktionssystem hat die Aufgabe, die Bedingungen im Lebensraum der Zellen, aus welchen das Individuum aufgebaut ist, zu erfüllen. Seine Leistungen erfolgen im *Milieu der Gewebe bzw. der Zellen* und stellen für die Leistungsfähigkeit des animalen Systems Vorbedingungen dar. Dieser Apparat wird als *vegetatives Regulationssystem* bezeichnet; er besteht aus einem sympathischen und parasympathischen Abschnitt.

a) Der *Sympathicus* aktiviert die Leistungen derjenigen Funktionsgruppe des vegetativen Systems, welche mit dem animalen Apparat eng verknüpft ist und für die Erhöhung dessen Leistungsfähigkeit sorgt. Sie wurde deshalb von W. R. Hess als Energieentfaltung unterstützendes *ergotropes System* bezeichnet. — b) Die andere Funktionsgruppe des vegetativen Systems wird vom *Parasympathicus* aktiviert; sie sorgt für Aufbau, Erhaltung, Schutz und Ersatz der Organe durch Dämpfung der momentanen Energieentfaltung im animalen System und erhält die Leistungsfähigkeit des Organismus auf die Dauer. W. R. Hess bezeichnet sie als *trophotropes* (oder histotropes) *System*. Wenn man von der zeitlichen Beziehung absieht, so kann man sagen, daß alle Leistungen des vegetativen Systems, diejenigen der trophotropen wie diejenigen der ergotropen Funktionsgruppe, Vorbedingungen für die Leistungsfähigkeit des animalen Systems sind.

Da die einzelnen Leistungen des Organismus eine allgemeine Funktionseinheit bilden, erwarten wir von der partiellen irido-pupillaren Funktion, daß sie die Struktur des gesamten Funktionsgefüges mehr oder weniger treu abbildet. Die Analyse des Erfahrungsmaterials über die Pupillenphänomene hat diese Erwartung bestätigt und gezeigt, daß die Wechselbeziehungen zwischen dem animalen und vegetativen Regulationssytem in der Pupille widergespiegelt werden. Die Hauptergebnisse unserer Analyse lassen sich folgenderweise formulieren:

A. Jede Pupillenverengerung (*Miosis*) beruht auf einer momentanen Tonuserhöhung im M. sphincter pupillae bei gleichzeitiger Tonusherabsetzung im M. dilatator pupillae. Das bedeutet also, daß die parasympathischen Innervationsimpulse im irido-pupillaren Apparat die sympathischen momentan überwiegen. Da aber die Iris als vegetatives Organ bei jeder Änderung der allgemeinen vegetativen Tonuslage mit beeinflußt wird, ist die Möglichkeit vorhanden, aus ihrem Verhalten Schlüsse nicht nur über die Tonusverhältnisse in diesem einen Organ, sondern auch über die Funktionseinstellung des gesamten Organismus zu ziehen. Die Miosis weist also nicht nur auf eine Tonusänderung im irido-pupillaren Apparat, sondern in vielen Fällen auch auf eine allgemeine Umstimmung der vegetativen Tonuslage nach der parasympathischen Seite hin.

Die miotischen Pupillenbewegungen kommen immer vor, wenn im Organismus momentane Schutzmaßnahmen gegen Umweltreize ausgelöst werden. Sie treten entweder als eigene Schutzeinrichtungen (Lichtschutzreflexe, Naheinstellungsreaktion) oder als Abbild animaler und vegetativer Schutzreaktionen auf.

Als typisches Beispiel einer durch die Iris selbst vorgenommenen Schutzmaßnahme erwähnen wir zuerst den miotischen *Pupillenreflex auf Lichtreiz*. Der irido-pupillare Apparat spielt hier die Rolle eines Schutzorganes, indem er die für die Netzhautzellen belastenden animalen Lichtreize direkt abdrosselt und die Ansprechbarkeit des Auges momentan herabsetzt; seine Funktion hat also eine trophotrope Bedeutung und untersteht dem parasympathischen Innervationsprinzip. Als weiteres Beispiel eines miotischen Schutzeffektes im optischen Apparat wäre die Pupillenverengerung zu erwähnen, welche zur Vermeidung unscharfer, lästiger Netzhautbilder bei Einstellung der Augen auf die Nähe auftritt. Die miotische Komponente dieser sog. *Naheinstellungsreaktion* hat hier die partielle Aufgabe, die Netzhautelemente vor den überlastenden Randstrahlen (d. h. vor den optischen Aberationserscheinungen) zu schützen. Als weiteres Beispiel erwähnen wir die Miosis, welche bei der sog. *Schutzeinstellungsreaktion* der Augen auftritt. Der Lidschluß stellt eine Schutzeinrichtung vor optischen, taktilen und chemischen Reizen dar. Obwohl er selbst vom animalen und nicht vom vegetativen Nervensystem beherrscht wird (der Musculus orbicularis palpebrae wird vom Nervus facialis versorgt), geht er immer mit Miosis einher. Diese beiden Beispiele zeigen, daß das parasympathische Prinzip, das bei den trophotropen Funktionen meist überwiegt, auch bei den animalen Schutzfunktionen zum Ausdruck kommt.

Eine Miosis als Schutzreaktion beobachtet man auch, jedoch weniger deutlich, bei Schutzreflexen im Bereich der akustischen und statischen Funktionsapparate. Unser Erfahrungsmaterial zeigte, wie im Moment, wo das Trommelfell zur Dämpfung schriller akustischer Reize angestrafft wird, eine flüchtige Miosis (Phase I) und eine leichte Zuckung des oberen Lides entsteht. Die Anstraffung des Trommelfelles infolge Kontraktion des M. tensor tympani hat die Aufgabe, das Individuum vor den belastenden akustischen Reizen zu schützen; sie bedeutet also, wie die Verengerung der Pupille auf Lichtreize, Einschiebung einer Hemmung auf der Bahn der äußeren animalen Reize und stellt einen Schutzreflex

des akustischen Funktionssystems dar. Die miotische Phase, die mit dem cochleo-aurikularen (Trommelfell) Reflexe einhergeht, zeigt also, daß, wo die Sinnesreize zum Schutze der Receptoren gedämpft werden, der Parasympathicus momentan miterregt wird.

Die miotischen Phänomene kommen auch bei vegetativen Reflexen, die zur Entlastung der inneren Faktoren dienen, vor. Dies ist der Fall bei allgemeinen Reaktionen auf Drehreize. Neben der Deviation der Augen bzw. des Kopfes entgegen der Drehrichtung und des Nystagmus, beobachtet man dabei eine Miosis mit synergischer Blutdrucksenkung. Auch die Miosis, die mit Verlangsamung des Herzschlages bei Ausatmung oder bei Vasodilatation (Mosso) im Splanchnicusgebiet auftritt, weist, wie die Blutdrucksenkung bei Reizung des Nervus depressor und wie die Pulsverlangsamung bei Reizung des Vagus auf eine momentane Erhöhung des Parasympathicotonus hin. In diesen Fällen handelt es sich um trophotrope Funktionen, durch welche die Faktoren im Milieu der Organe entlastet werden. Ebenso geht die Gefäßerweiterung im Splanchnicusgebiet und die Blutdrucksenkung mit Miosis einher, was auf eine trophotrope Phase mit momentaner Herabsetzung der Leistungsbereitschaft im animalen System hinweist, indem dadurch weniger Blut den peripheren, animalen Organen (Muskeln) zugeführt wird.

B. Jede Pupillenerweiterung (*Mydriasis*) beruht auf einer momentanen Tonuserhöhung im M. dilatator pupillae bei gleichzeitigem Nachlassen des Tonus im M. sphincter pupillae und bedeutet, daß die Innervationsimpulse des sympathischen Anteils des irido-pupillaren Apparates über diejenigen des parasympathischen Anteils momentan überwiegen.

Die mydriatischen Pupillenbewegungen kommen zur Beobachtung, wenn zweckmäßige Einflüsse der Außenwelt auf den Organismus gebahnt werden und wenn das Individuum in seinen Lebensraum aktiv eingreift. Sie weisen also auf eine momentan erhöhte Leistungsbereitschaft im animalen Funktionssystem, das in seiner Aufgabe vom ergotropen Anteil des vegetativen Systems unterstützt wird.

Um diese Tatsachen an Hand einiger Beispiele verständlich zu machen, empfiehlt es sich, die animalen Funktionen in sensorische, assoziative und motorische zu trennen und die Wirkung jeder einzelnen Funktion auf den vegetativ innervierten irido-pupillaren Apparat zu berücksichtigen. Als Beispiel eines allgemeinen psychischen Einflusses auf die Iris erwähnen wir zuerst die Pupillenerweiterung, die auf Weckruf schlagartig auftritt; sie weist auf eine momentane Umstimmung im animalen und vegetativen Funktionssystem des schlafenden Individuums hin. Eine solche Umstimmung mit mydriatischen Pupilleneffekten wird jedoch nicht nur durch Weckreize, sondern durch alle *Sinnesreize* ausgelöst, die bewußt empfunden werden und allgemeine motorische Reaktionen hervorrufen. Dies ist auch der Fall bei intensiven optischen, akustischen und statischen Reizen; die sympathicotonischen Erscheinungen (Pupillenerweiterung, Blutdruckerhöhung), die dabei neben motorischen Reaktionen im animalen Apparat (Wendung des Kopfes, Zusammenzucken des ganzen Körpers nach der Reizseite) entstehen, weisen auf eine momentane ergotrope Einstellung des Organismus hin, durch welche die Leistungsbereitschaft des animalen Systems erhöht und eine zweckmäßige Reizbeantwortung erzielt wird. Diese Tatsachen lassen sich an Beispielen sensibler (Tast-Druck-Schmerz-Temperatur-) Reizwirkungen auch demonstrieren: Hochgradige Schmerzreize lösen z. B. neben *Unlustempfindungen* und motorischen Reaktionen (Schrei) im animalen System viele vegetative Reflexe aus, wie Mydriasis, Gesichtsblässe, Beschleunigung der Herztätigkeit, Stillstand der Magendarmbewegungen usw. Ähnlich animale und vegetative Reaktionen werden auch durch Reize ausgelöst, welche gleichzeitig *Lustempfindungen* bewirken. Dies ist vor allem der Fall beim Orgasmus, wobei maximale Mydriasis, Beschleunigung und Verstärkung der Herzaktion sowie der Atmung und Schweißausbruch beobachtet werden. Diese beiden Beispiele zeigen, daß Sinnesreize, welche Empfindungen entgegengesetzter Natur, wie etwa Unlust bei Schmerz und Lust im Orgasmus, hervorrufen, ähnlich gerichtete ergotrope Reaktionen im vegetativen System auslösen können.

Das Verhalten des vegetativen Funktionssystems scheint also durch die Gefühlsqualität der Empfindungen nicht kausal beeinflußt zu sein. Die Richtung der vegetativen Reaktionen wird durch die funktionelle Einstellung des Organismus dem Reiz gegenüber allein bestimmt: deshalb überwiegt, wo das animale System führend wirkt, die ergotrope Einstellung.

Was wir von den Pupilleneffekten psychosensorischer Auslösungsfaktoren sagten, gilt auch von den Effekten *assoziativer Einflüsse:* Die Qualität der psychischen Leistung, handle es sich um Anspannung der Aufmerksamkeit auf einen Gegenstand, um optische oder affektbetonte (Lust-Unlust-Zorn-) Vorstellungen, um Nachdenken über intellektuelle Probleme oder um psychomotorische Impulse zu irgendeiner Bewegung, Handlung usw., hat auf den Modus der Pupillenreaktion keinen bestimmenden Einfluß. Dieser wird nämlich vom Grade des Wachseins und Bewußtseins, von der Intensität der Aufmerksamkeit, der Empfindungen und Gefühle allein bedingt; er ist bei jeder momentan erhöhten psychischen Spannung mydriatisch.

Pupillenerweiterungen treten schließlich bei allen *motorischen Aktionen und Reaktionen* im animalen Apparat auf, durch welche das Individuum mit seiner Umwelt in Beziehung tritt. Die Mydriasis, die bei Händedruck, Lokomotion, körperlicher Arbeit usw. mit gesteigerter Atmungs- und Herztätigkeit sowie mit Gefäßverengerung im Splanchnicusgebiet auftritt, illustriert, wie die Leistungsbereitschaft des animalen Apparates durch die Tätigkeit des ergotropen Systems unterstützt wird. Man beobachtete auch eine Mydriasis, wenn infolge primärer Verminderung (oder Ausfalles) der (animalen) Lichtreize,

die Beziehungen des Individuums zur Umwelt mangelhaft werden; die Pupillenerweiterung zeigt, wie der Organismus durch kompensatorisch gesteigerte ergotrope Tätigkeit die optimalen Beziehungen zwischen Individuum und Umwelt wieder herzustellen versucht. Schroeder hat neulich die längst bekannte Tatsache experimentell bestätigt, daß die weitesten Pupillen bei geringen Beleuchtungsstärken zu beobachten sind. Dank der Pupillenerweiterung bekommen die Lichtreize freie Bahn zur Retina; gleichzeitig wird die Erregbarkeit der Netzhaut für die (animalen) Lichtreize erhöht. Dieses Beispiel zeigt, daß die Erregbarkeit animaler Organe gelegentlich vom vegetativen Nervensystem reguliert wird und daß das vegetative Prinzip auf der Bahn der animalen (optischen) Reize direkt eingreifen kann.

C. *Die dauernd verengten Pupillen* (*Mioma*) bedeuten, daß die parasympathischen Innervationsimpulse im irido-pupillaren Apparat über die sympathischen anhaltend überwiegen; sie werden hauptsächlich bei *trophotropen Funktionslagen beobachtet, die für Ernährung, Erhaltung, Aufbau und Ersatz der Zellen sorgen, wobei die Leistungsbereitschaft des animalen Systems momentan eingeschränkt wird.* Dies ist der Fall der Verdauungs- und Schlafzustände, die, im Gegensatz zu den ergotropen Funktionen des vegetativen Systems, eine restitutive, assimilatorische Tätigkeit zugunsten der Gewebe entfalten; sie werden vom Parasympathicus beherrscht, welcher deshalb von Cannon als Nerv des Anabolismus bezeichnet wird.

Das während der Verdauung zu beobachtende Mioma ist ein Beweis für die Herrschaft des Parasympathicus bei dieser trophotropen Funktionslage. Auch die engen Pupillen des Schlafenden bestätigen, daß der Schlaf eine aktive Funktionsäußerung des parasympathischen Nervensystems ist. Die Wirkung dieses Systems besteht im Schlaf in der Einschaltung von Hemmungen nicht nur auf der Bahn der Lichtreize, sondern sämtlicher animaler Reize, sowie in der Herabsetzung der Erregbarkeit der Sinnesorgane. Wir verweisen in dieser Hinsicht auf das 2. Kapitel der Abhandlung von W. R. Hess, „Über die Wechselbeziehungen zwischen psychischen und vegetativen Funktionen", wo diese Mechanismen in überzeugender Weise besprochen sind.

D. Die dauernd *erweiterten Pupillen* (*Mydriama*) bedeuten, daß die sympathischen Innervationsimpulse im irido-pupillaren Apparat über die parasympathischen anhaltend überwiegen. Sie werden bei ergotropen Einstellungen des Organismus beobachtet, die mit erhöhter Leistungsbereitschaft im animalen System und gesteigertem Zellabbau einhergehen. Als Beispiel erwähnen wir den *Wachzustand*, der, im Gegensatz zum Schlafzustand, durch relativ weite Pupillen charakterisiert ist. Steigert sich nun das Wachsein in Form assoziativer (intellektueller) Tätigkeit, so erweitern sich die Pupillen; bei affektiver Erregung, wobei die animale Aktivität ihr Maximum erreicht, sind sie am weitesten (z. B. bei Angst, Schreck usw.). Solche Pupillenphänomene treten übrigens als sog. „spastische mydriatische Starre" in psycho-pathologischen Zuständen auf, die mit motorischer Entladung (Tobsucht) einhergehen, oder bei welchen die gesamte Motorik gleichzeitig erstarrt (in halluzinatorischen Schreckzuständen, in steifen, stuporösen, katatonischen Zuständen z. B.).

Zusammenfassung.

Es wurden die zahlreichen Erfahrungen über die Wirkung körperlicher und seelischer Einflüsse auf den pupillaren Apparat gesammelt und analysiert.

Die Pupilleneffekte sind in Pupillen*bewegungen* (pupillo-kinetische Effekte) und Pupillen*zustände* (pupillo-statische Effekte) eingeteilt; dabei wird unterschieden zwischen der constrictorischen und dilatatorischen Phase. Für die constrictorischen kinetischen Pupilleneffekte (Pupillenverengerung) haben wir den fachgemäßen Ausdruck *Miosis*, für die constrictorischen statischen Pupilleneffekte (verengte Pupillen) dagegen den präziseren Ausdruck *Mioma* angewandt. Im Gegensatz dazu wurden die dilatatorischen kinetischen Pupilleneffekte (Pupillenerweiterung) als *Mydriasis*, die dilatatorischen, statischen Pupilleneffekte (erweiterte Pupillen) als *Mydriama* bezeichnet.

Die weitere Aufgabe bestand darin, darzulegen, wie die pupillare Funktion mit den anderen Funktionen des Organismus zusammengefügt ist. Das gesammelte Erfahrungsmaterial wurde nach den Kriterien der Funktionsmechanismen und des Funktionserfolges analysiert. Wir konnten auf diese Weise folgende Tatsachen feststellen:

Die *miotischen Pupillenbewegungen* (Miosis) kommen in der Regel zur Beobachtung, wenn Schutzreaktionen im Organismus entstehen. Sie beruhen auf einer Tonusverschiebung (im optischen Apparat) nach der parasympathischen Richtung und bedeuten, daß im Moment, wo der Organismus die belastenden Reize seiner Umwelt zu dämpfen versucht, das parasympathische Innervationsprinzip überwiegt. Diese Regel gilt nicht nur für die Schutzreaktionen, welche durch die Hilfsapparate der Sinnesorgane (Iris, Linse, Lid, Trommelfell), sondern auch für diejenigen, welche durch die vegetativen Kreislauf- und Atmungsapparate vermittelt werden.

Die Mechanismen dieser miotischen Pupillenbewegungen sind meist direkt; wir unterscheiden *direkte spezifische* Pupilleneffekte (Reflexe), die isoliert auftreten und auf einer unmittelbaren Beziehung zwischen Reizsphäre und Erfolgsorgan (Iris) beruhen, wie der Lichtschutzreflex und *direkte unspezifische* Pupilleneffekte (sog. Mitbewegungen), die, zusammen mit anderen Erscheinungen, innerhalb des optischen Apparates auftreten. Dies ist der Fall, der (nach Behr genannten) Naheinstellungsreaktion und der (von uns genannten) Schutzstellungsreaktion; diese letzte ist durch das synergische Auf-

treten der Miosis mit Lidschluß und Abweichen der Augen nach oben (Bellsches Phänomen) charakterisiert.

Einen Übergangstypus stellen die *kombinierten, teilweise direkten, teilweise indirekten* Pupillenphänomene dar, welche, wie z. B. der Schall- und Drehungsreflex, aus einer kurzen miotischen Vorphase (Phase I) und einer mydriatischen Hauptphase (Phase II) bestehen. Die miotische Vorphase weist auf die Herrschaft des parasympathischen Innervationsprinzips im Moment, wo der Organismus durch Schutzreaktionen im Bereich der Sinnesorgane den Reiz zu dämpfen versucht; die mydriatische Hauptphase zeigt im Gegenteil, daß der Sympathicus die Oberhand bekommt, sobald die Reizwirkung im Organismus generalisiert wird.

Die *mydriatischen Pupillenbewegungen* (Mydriasis) kommen zur Beobachtung, wenn das Individuum in aktiver momentaner Beziehung zu seiner Umwelt steht, wobei die zweckmäßigen äußeren Einflüsse verwertet werden.

Dies ist der Fall bei Sinnesreizen, die eine generalisierte Wirkung auf den Organismus haben, sowie bei jeder intensiven, assoziativen oder psychomotorischen Tätigkeit. Die Mechanismen dieser mydriatischen Phänomene sind immer *indirekt*; die Pupilleneffekte treten dabei nie isoliert, sondern mit anderen Reaktionen im Bereiche verschiedener Organe synergisch auf; sie stellen Teilerscheinungen einer generellen gemeinschaftlichen Reizbeantwortung bzw. einer Umstimmung im Gesamtorganismus dar und stehen (infolge Einschiebung einer Zentralstation) in direkter Beziehung zur Auslösungssphäre. Die mydriatischen Pupillenbewegungen (Mydriasis) sowie die *andauernd erweiterten Pupillen* (Mydriama) werden bei jeder energetisch aktiven Einstellung des Organismus (ergotroper Phase nach W. R. Hess) beobachtet; sie weisen auf die Vorherrschaft des sympathischen Innervationsprinzips, wobei die Leistungsbereitschaft des animalen Systems erhöht wird.

Diesen gegenüber stehen die *andauernd verengten Pupillen* (Mioma), welche bei vorwiegend restitutiver Tätigkeit des Organismus (trophotrope Phase nach W. R. Hess) beobachtet werden; sie weisen auf die Vorherrschaft des parasympathischen Prinzips bei Funktionslagen, welche für Aufbau und Erhaltung (der Zellen) sorgen, wobei gleichzeitig die Leistungsfähigkeit des animalen Systems eingeschränkt wird. Dies ist der Fall in Schlaf- und Verdauungszuständen, wo eine Umstimmung des Gesamtorganismus stattfindet.

Literaturverzeichnis.

Abelsdorff u. Piper, Arch. Augenheilk. **51**, 366 (1905). — Adamuek u. Woinow, Graefes Arch. **17**, 165 (1870); **17**, 158 (1871). — Adlersberg u. Kauders, Klin. Wschr. **1924**, 1161. — Alexander, Med. Klin. **1**, 831. — Amsler, Arch. f. exper. Path. **103**, 138 (1924). — Antal, Neur. Zbl. **1900**, 149. — Arlt jun., Graefes Arch. **15**/1, 294 (1869). — Attias, Graefes Arch. **81**, 405 (1912). — Axenfeld, Klin. Mbl. Augenheilk. **49**, 111 (1910). — Bach, Pupillenlehre, S. 390. Berlin: S. Karger 1908 — Münch. med. Wschr. **1897**, 301. — Badal, Gaz. méd. de Paris **1876**, Nr 46. — Balogh, zit. nach Wilbrand u. Sänger, Handbuch der Ophthalmologie. — Bartels, Z. Augenheilk. **11**, 296 (1903); **12**, 32, 438 (1904). — v. Bechterew, Dtsch. Z. Nervenheilk. **1897**, 5. — Behr, Die Lehre von den Pupillenbewegungen. Berlin: Julius Springer 1924. — Behr u. Wilbrand, s. Wilbrand. — Bellarminoff, Pflügers Arch. **37**, 107 (1885). — Benjamins, Nederl. Tijdschr. Geneesk. **66**, 494 (1922). — Bercowitz, Amer. J. Obstetr. **19**, 767 (1930). — Bilancioni u. Bonani, Boll. Mal. Or. **39**, 73 (1921). — Bing u. Franceschetti, Die Pupille. Kurzes Handbuch der Ophthalmologie von Schieck u. Brueckner. **6**. Berlin: Julius Springer 1931. — Bloch, Dtsch. med. Wschr. **1906**, 1777. — Bonani, s. Bilancioni. — Bouchut, zit. nach Wilbrand u. Sänger, Handbuch der Augenheilkunde. — Braunstein, Zur Lehre der Innervation der Pupillenbewegung. Wiesbaden: Bergmann 1894. — Bruecke, Vorlesungen über Physiologie, 1873. — Budge, Über die Bewegungen der Iris. Braunschweig 1855. — Budin et Coyne, Gaz. méd. de Paris **1875** — Arch. de phys. norm. et path. **1875**, 61. — Bumke, Die Pupillenstörungen bei Nerven- und Geisteskrankheiten. 2. Aufl., S. 9, 22, 30. Jena: Gustav Fischer 1911. — Byrne, Amer. J. Physiol. **61**, 369 (1922). — Cannon, Bodily chances in pain, hunger, fear and rage. New York and London: D. Appleton 1920. — Cason, J. of Physiol. **5**, 108 (1922). — Caspary u. Goerlitz, Pflügers Arch. **131**, 225 (1922). — Cemach, Beitr. Anat. usw. Ohr usw. **14**, 1 (1919). — Chenet u. Noyer, Arch. d'Ophthalm. **38**, 336 (1920). — Coccius, Ein neues Instrument zur Bestimmung der Pupillenweite. Leipzig 1873. — Cohn, Zbl. prakt. Augenheilk. **1888**, 65. — Contino, Clin. ocul. **1911**, 761. — Couvreux, C. r. Acad. Sci. Paris **178**, 1388 (1924). — Coyne, s. Budin. — Doelken, zit. nach Wilbrand u. Sänger. — Dogiel, Pflügers Arch. **1894**, 500. — Domrich, zit. nach Behr, Die Lehre von den Pupillenbewegungen, S. 45. 1924. — Donath, Mschr. Psychiatr. **16**, 191 (1904). — Donders, The new Sydenham Soc., S. 574. 1864. — Donini, Giorn. Clin. med. **1928**, 50, Ref. Zbl. Ophthalm. **19**, 736 (1928). — Dubois-Reymond, Zbl. prakt. Augenheilk. **1888**, 68. — Eisendrath, s. Gradle. — Eulenburg, Neur. Zbl. **1882**, 8. — Fick, Graefes Arch. **2**, 76 (1855). — Finkelnburg, Z. Neur. **91**, 183 (1924). — Flatau, Revue neur. **28**, 1700 (1921). — Forster, s. Rieger. — Fraenkel, s. Weil. — Franceschetti, s. Bing. — Fruginele, Giorn. dell'assoc. napol. di med. nat. **1899**, 9; 4, 285. — Fuchs, Die Messung der Pupillengröße und Zeitbestimmung. Lichtreaktion der Pupillen bei einzelnen Psychosen und Nervenkrankheiten. Wien: Deuticke 1904. — Galassi, Boll. d. Soc. Laucis d. Osp. di Roma **7**, 173 (1887). — Garten, Pflügers Arch. **68**, 68 (1897). — Gianelli, zit. nach Bing u. Franceschetti. — Gladkow, Z. usn. Bol. **1929**, Nr 9/10, Ref. Klin. Mbl. Augen-

heilk.[83, 855 (1929). — Goldflam, Ref. Neur. Zbl. **1916**, 978. — Goldhofer, s. Hansen. — Gradle u. Eisendrath, Klin. Mbl. Augenheilk. **71**, 311 (1923). — Graefe-Saemisch, Handbuch der Ophthalmologie. Heute Wilbrand u. Behr, 2. Aufl. Bd. **11**: Leipzig 1910; 3. Aufl. Bd. **2**: Berlin 1924. — v. Graefe, Graefes Arch. **1**/1, 440 (1854). — Gratiolet, De la physionomie et des mouvements d'expression. Paris 1855. — Groenouv, Klin. Mbl. Augenheilk. **1911**, 659. — Groethuysen, Arch. Augenheilk. **87**, 2, 152 (1920). — Gudden, Berl. klin. Wschr. **1909**, 2216. — Guilloz, Recueil d'ophth. **1899**, 372. — Gysi, Inaug.-Diss. Bern 1879. — Haab, Beobachtungen eines neuen Pupillenreflexes. Zürich 1886. — Hamburger, Wien. med. Wschr. **1911**. — K. Hansen, Dtsch. Z. Nervenheilk. **13**, 107 (1928). — Hansen u. Goldhofer, Dtsch. Arch. klin. Med. **152**, 12 (1926). — Hecker, zit. nach Graefe-Saemisch Handbuch der Ophthalmologie. — Heddaeus, Semiologie der Pupillenbewegung. Handbuch der Augenheilkunde **4**, Anh. (1904) (Wilbrand u. Sänger). — v. Helmholtz, Handbuch der physiologischen Optik. 1867. — Hensen, zit. nach Wilbrand u. Sänger. — Herrmann, Med. Klin. **18**, 399 (1922). — Hertel, Graefes Arch. **1907**, 106. — C. Hess, Bericht über die 23. Vers. d. Ophth. Ges. zu Heidelberg **1893**, 238. — W. R. Hess, Schweiz. Arch. Neur. **15**/2 (1924); **16**/1 u. 2 (1925) — Erg. inn. Med. **1923**, 231 — Arch. Neur. **1924**, 14, 20 — Neue med. Wschr. **1933**, Nr 4, 129/1. — Hilger, Münch. med. Wschr. **1904**, 368. — v. Hippel, Münch. med. Wschr. **1904**, 692 u. 757 — Zbl. prakt. Heilk. **1912**, 1. — Huebner, Mschr. Psychol. **22**, 15 (1907). — Igi, Arch. gen. di Neur. **6**, 220 (1925). — Ihzuka, Acta Soc. ophthalm. **34**, 267 (1930). — Jessop, Ophthalm. Rewiew **1886**, Nr 61, 360. — Juster, s. Weil. — Kanngiesser, Arch. Augenheilk. **63**, 78 (1909). — Karplus, Jb. Psychiatr. **1898**, 17. — Karpow, Klin. Mbl. Augenheilk. **79**, 165 (1927). — Kehrer, Z. Neur. **81**, 382 (1923). — Kirchner, Münch. med. Wschr. **1900**, 1532 u. 1565. — Kleefeld, An. d'Ocul. **1921**, 158, 262. — Knapp, Arch. Augenheilk. **2**, 182 (1871). — Krause-Wichmann, Klin. Wschr. **1926**, 1953; **1927**, 22. — Krusius, Z. Augenheilk. **21**, 208 (1909). — Kussmaul, Verh. physik.-med. Ges. Würzburg **1855**. — Landois, zit. nach Wilbrand u. Sänger, Handbuch der Augenheilk. — Landolt, Zbl. med. Wiss. **1875**, 563. — Lans, Arch. f. Anat. **1900**, 79. — Laqueur, Zbl. prakt. Augenheilk. **1887**, 22, 298 — Arch. Augenheilk. **38**, 135 (1898). — Loewenstein, Mschr. Psychiatr. **66**, 148 (1927) — Niederrhein. Ges. f. Natur- u. Heilk. Bonn **1926** — Arch. f. Psychiatr. **1927**. — Loewenstein mit Westphal, Arch. f. Psychiatr. **82**, 315 (1927) — Mschr. Neur. **70** (1928) — Mschr. Psychiatr. **66**, H. 2/3, 148 (1927) — Arch. f. Psychiatr. **76** (1925) — Mschr. Psychiatr. **66**, H. 2/3, 126 (1927); **1920**, 47. — Lohmann, Ber. über d. 35. Vers. d. Ophthalm. Ges. Heidelberg **1908**, 264. — Lukacz, Neur. Zbl. **1902**, 147. — Magitot, L'iris Doin. 1921 — Annales d'Ocul. Mars. **1909**. — Majano, Mschr. Psychiatr. **13**, 1—4 (1903). — Marina, Neur. Zbl. **1904**, 797. — Matsuo, Acta Soc. ophthalm. jap. **1931**, 35—39; Ref. Zbl. Ophthalm. **25**, 117 (1931). — Mingazzini, Neur. Zbl. **1899**, 482. — Moebius, Berl. klin. Wschr. **1884**, 604 — Zbl. Nervenheilk. **83**, 337 (1882). — Moeli, Arch. f. Psychiatr. **1882**, 13,3. — Mosso, Giorn. Accad. Med. Torino **1875**. — Müller, Handbuch der Physiologie des Menschen, 3. Aufl. 2 (1840) — Klin. Mbl. Augenheilk. **50** (1), 745. — Nagel, Zbl. prakt. Augenheilk. **1908**, 14. — Nordera, s. Stefani. — Nishimura, C. r. Soc. Biol. Paris **97**, 158 (1927). — Noyer, s. Chenet. — Oppenheim, Neur. Zbl. **1910**, 362. — Panzacchi, Boll. delle science med. Marzo 1913. — Perhoff, zit. nach Handbuch der Pathologie und Physiologie von Bethe-Bergmann. — Pfister, Arch. Kinderheilk. **1898**, 26. — Pierraccini, Rass. Studi psichiatr. **17**, 225 (1928). — Pietrusky, Klin. Mbl. Augenheilk. **88**, 335 (1922). — Piltz, Neur. Zbl. **1904**, 17 u. 18 — Zbl. Neur. **1899**. — Porterfield, 1754 zit. bei Abelsdorff. Raecke, J. Psychol. u. Neur. **1903**. — Raehlmann, Volkmanns klin. Vortr. **1878**, Nr 185. — Raggi, Ann. univ. di med. **1885**. — Redlich, Z. Augenheilk. **19**, 171 — Dtsch. med. Wschr. **1908**, Nr 8, 313. — Reichmann, Arch. f. Psychiatr. **53** (1914). — Rieger u. Forster, Graefes Arch. **27**/3, 192 (1881). — Rimpler, s. Schmidt. — de Rosa, Arch. Ottalm. **33**, 538 (1927). — Roubinowitsch, Revue neur. **1901**, Nr 8, 15. — Rudder, Z. Kinderheilk. **41**, 555 (1926). — Saenger, s. Wilbrand. — Samaya, Riv. sper. Freniatr. **49**, 421 (1926); Ref. Zbl. Ophthalm. **17**, 387 (1927). — Sattler, Klin. Mbl. Augenheilk. **49**, 739 (1911). — Schadow, Graefes Arch. **28**/3, 183 (1882). — Schanz, Berl. klin. Wschr. **1901**, 1065. — Schiff u. Foa, La pupille considérée comme esthésiomètre. Paris: Bailltère 1875. — Schirmer, Graefes Arch. **40**, 8 (1894) — Arch. Ophthalm. **44**, 358 (1897). — Schlesinger, 6. Jahresvers. d. Ges. Dtsch. Nervenärzte, Hamburg, Neur. Zbl. **1912**, 1316. — Schloesser, Ber. über d. 23. Vers. d. Ophthalm. Ges. zu Heidelberg **1893**, 94. — Schmeichler, Wien. klin. Wschr. **1885**, Nr 39—42. — Schmidt, Z. Neur. **29**, 530. — Schmidt-Rimpler, Die Erkrankungen des Auges im Zusammenhang mit anderen Krankheiten. Wien: Hölder 1898. — Schroeder, Z. Sinnesphysiol. **57**, 195 (1926). — Schurygyn, Russk. Med. Westnik. **1901**. — Schuster, Dtsch. Z. Nervenheilk. **29**, 176. — Siemerling, Jahresvers. d. Ver. Dtsch. Ärzte **1896**, 18—19, IX.J. — Charité-Ann. **11** (1886) — Arch. f. Psychiatr. **50**, 449ff. — Arbeit aus der Psychiatr. Klinik Würzburg H. **7**, 255; H. **8**, 245. — Silberkuhl, Graefes Arch. **42**, 179 (1896). — Sioli, Neur. Zbl. **1910**, Nr 10. — Somoghyi, Wien. klin. Wschr. **1913**, Nr 33. — Sommer, Wschr. f. Ther. u. Hyg. d. Auges **1909**. — Spiegel, Wien. klin. Wschr. **38**, 16/189 (1925). — Stefani u. Nordera, Arch. ital. de Biol. **33**, 305 (1900) — Riv. sper. Freniatr. **1900**, 25. — Straub, Nederl. Tijdschr. Geneesk. **1901**, 1. — Szontagh, Zbl. Nervenheilk. **1892**, 401. — Tange, Arch. Augenheilk. **1903**, 49. — Thomsen, Charité-Ann. **11** (1886). — Tournay, Arch. d'Ophtalm. **44**, 574 (1927). — Udvarhelyi, Z. Ohrenheilk. **1912**, 67. — Uhthoff, Ber. über d. 15. Vers. d. Ophthalm. Ges. Heidelberg **1883**. — v. Varaday, Wien. klin. Wschr. **1903**, Nr 12. — Veraguth, Neur. Zbl. 1908, 402. — Verwoort, Graefes Arch. **49**/2, 348 (1900). — Weber, De motu iridis. Annotationes anatom. et physiol. 1851, 3. — Weil, Fraenkel u. Juster, C. r. Soc. Biol. Paris

87, 28 (1922). — Weiler, Z. Neur. **1910**. — Westphal, Neur. Zbl. **1899**, 248 — Virchows Arch. **1862** oder C. Westphals ges. Abh. **1892**.2, 98 — Z. Neur. **39**, 175 (1925) — Neur. Zbl. **39**, 146 (1920) — Mschr. Psychiatr. **47**, 187 (1920). — Whyth, 1751 (zit. bei Behr, Lehre der Pupillenbewegung, s. 30). — Wichmann, s. Krause. — Wieland u. Schoen, Arch. f. exper. Path. **100**, 190 (1923). — Wiener u. Wolfner, J. amer. med. Assoc. **1915**, 65. — Wilbrand u. Saenger, Die Neurologie des Auges. Wiesbaden 1899 bis 1912. — Wilbrand u. Behr, Die Neurologie des Auges in ihrem heutigen Zustand. München 1927. — Witkowsky, zit. nach Franceschetti u. Bing, S. 107. — Wodak u. Fischer, Anat.-physiol. Path. u. Ther. d. Ohres, d. Nase u. d. Halses **19**, 15 (1922). — Wodak, Mschr. Ohrenheilk. **55**, 582 (1925). — Woinow, s. Adamück u. Woinow. — Wotzilka, zit. nach Spiegel u. Sommer, Ophthalmologie und Otologie. Berlin: Julius Springer 1931. — Wundt, Grundzüge der physiologischen Psychologie. 1880 2. Aufl.

Curriculum vitae

Ich wurde am 28. Mai 1907 in La Chaux-de-Fonds (Kt. Neuenburg) geboren, wo ich die Primarschule und das literarische Gymnasium besuchte. Juli 1925 bestand ich daselbst die eidgenössische Maturitätsprüfung (Baccalauréat ès lettres). Herbst 1926, erstes Propädeutikum nach zwei Semestern in Genf. Frühling 1928, zweites Propädeutikum nach drei weiteren Semestern in Genf. Frühling 1931, ärztliche Fachprüfung in Zürich nach sechs klinischen Semestern, von denen ich die zwei ersten in Zürich, die zwei nächsten in Wien, die zwei letzten wieder in Zürich absolvierte. Im Anschluß daran arbeitete ich unter Anleitung von Herrn Prof. Heß am Physiologischen Institut der Universität Zürich, aus welchem die vorliegende Abhandlung entstand. Seit April 1932 bin ich als Assistenzarzt in der psychiatrischen Universitätsklinik Zürich tätig.

Herrn Prof. Heß möchte ich für die Anregung zu dieser Arbeit und Herrn Dr. W. Nagel, Assistent am Physiologischen Institut, für seine wohlwollende Unterstützung meinen ergebensten Dank aussprechen.